ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

ANNEE 1981 N° 49

LE MIEL

THESE

POUR LE DOCTORAT VETERINAIRE

(Diplôme d'Etat)

Présentée et soutenue publiquement en 1981
devant l'Université Paul Sabatier de Toulouse

par

MERLET Pierre, Yves
Né le 27 Mai 1955 à CASABLANCA (Maroc)

MEMBRES DU JURY

Président : . . . . . M. MONNIER
Professeur à l'Université Paul Sabatier de Toulouse

Assesseurs : . . . . . M. EECKHOUTTE
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

M. FRANC
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

COREP ASSISTANCE
21, rue Viguerie
31300 TOULOUSE
Tél. (61) 42.01.19
42.01.56

ERRATUM

page 1 :	... constitue le préliminaire ...	ligne 27
	... d'augmenter les problèmes hygiéniques.	ligne 34
page 3 :	... à partir du nectar des fleurs ...	ligne 11
	Par contre, aux U.S.A. ...	ligne 27
page 4 :	A - miel de nectar et miel de miellat	ligne 19
	..., se dessèche ...	ligne 28
page 8 :	... d'Afrique du Sud qui possède ...	ligne 34
page 10 :	..., associée à l'analyse pollinique, de connaître, ...	ligne 12
	D - Propriétés optiques	ligne 14
page 11 :	..., en atmosphère très sèche, ...	ligne 38
page 12 :	... . La majorité des miels doit être conservée ...	ligne 6
	... les échanges d'eau, ...	ligne 9
	... le fructose, a tendance à se séparer ...	ligne 28
page 13 :	... . Mais de nombreux autres composants, ...	ligne 29
page 17 :	Composition moyenne de 490 échantillons de miels des U.S.A.	ligne 3
	... sont le glucose et le fructose (80 % à 90 % du total) puis le saccharose ...	lignes 26 et 27
page 18 :	..., le maltulose, le mélébiose, le nigérose, ...	ligne 7
	..., le dextrantiose, ...	ligne 8
	..., en matière de sucres, ...	ligne 16
	..., seul ou en mélange ...	ligne 24
	... aussi à la transglucosidation (84) : ...	ligne 41
page 23 :	Teneur en Cuivre des miels foncés : moyenne : 0,56, amplitude de la variation : 0,35 - 1,04.	ligne 11
page 43 :	..., qu'a effectuée Chauvin en 1968 (16). ...	ligne 2
page 50 :	... (rhinites, laryngites, pharyngites) (16). ...	ligne 32
page 84 :	..., la grande majorité du miel est évacuée ...	ligne 24
page 85 :	... la projection du miel en fines gouttelettes ...	ligne 15
	... ses propriétés qui s'apparentent ...	ligne 34
page 95 :	..., avec des maximums ...	ligne 5
page 96 :	Pour la deuxième courbe porter en ordonnée : activité de l'invertase (mg de saccharose interverti)	
page 109 :	Unité : tonne	
page 120 :	..., a réduit de trois quarts ...	ligne 15
page 123 :	..., ce qui plaît dans le miel ...	ligne 21
	b - Les deux catégories de consommateurs.	ligne 27
page 133	..., produit totalement désexualisé, ...	ligne 15
page 134 :	... d'une promotion nationale. ...	ligne 21
page 138 :	... avec celles de grande production. ...	ligne 15
page 148 :	41 - GONNET (M) - Deux méthodes colorimétriques ...	ligne 16

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

ANNEE 1981 N° 49

LE MIEL

THESE

POUR LE DOCTORAT VETERINAIRE

(Diplôme d'Etat)

Présentée et soutenue publiquement en 1981
devant l'Université Paul Sabatier de Toulouse

par

MERLET Pierre, Yves
Né le 27 Mai 1955 à CASABLANCA (Maroc)

MEMBRES DU JURY

Président : . . . . . M. MONNIER
Professeur à l'Université Paul Sabatier de Toulouse

Assesseurs : . . . . . M. EECKHOUTTE
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

M. FRANC
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

COREP ASSISTANCE
21, rue Viguerie
31300 TOULOUSE
Tél. (61) 42.01.19
42.01.56

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Directeur	M. LAUTIE
Directeurs honoraires	MM. PONS FLORIO
Professeurs honoraires	MM. BRIZARD BERTHELON SAURAT

PERSONNEL ENSEIGNANT

CHAIRE DE PHARMACIE ET TOXICOLOGIE

Professeur titulaire	M. GODFRAIN
Professeur sans chaire	Mme BURGAT-SACAZE

Pharmacie et Toxicologie

CHAIRE DE PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES

Professeur titulaire	M. RICO
Professeur sans chaire	M. BRAUN
Maître Assistant	M. BENARD

Physique Biologique et Médicale
Chimie Biologique et Médicale

CHAIRE D'ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES

Professeur titulaire	M. PAVAUX
Maître Assistant	M. LIGNEREUX
Maître Assistant	M. SAUTET

Anatomie Descriptive - Extérieur - Anatomie Appliquée - Tératologie

CHAIRE DE PHYSIOLOGIE ET THERAPEUTIQUE

Professeur titulaire	M. RUCKEBUSCH
Professeur sans chaire	M. FARGEAS
Maître Assistant Agrégé	M. TOUTAIN

Physiologie - Pharmacodynamie et Thérapeutique

CHAIRE D'HISTOLOGIE - ANATOMIE PATHOLOGIQUE

Professeur titulaire	M. VAN HAVERBEKE
Professeur sans Chaire	M. CABANIE
Maître Assistant Agrégé	M. MAGNOL

Histologie - Embryologie - Anatomie Pathologique

CHAIRE D'HYGIENE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE

Professeur titulaire	M. LABIE
Maître de Conférences	M. EECKHOUTTE
Maître Assistant Agrégé	Mme BENARD

Hygiène - Inspection - Contrôle et Technologie
des denrées alimentaires d'origine animale

CHAIRE DE PARASITOLOGIE ET MALADIES PARASITAIRES

Professeur titulaire	M. DORCHIES
Maître de Conférences	M. FRANC
Maître Assistant	M. DUCOS DE LAHITTE

Zoologie appliquée - Parasitologie externe - Parasitologie interne - Clinique

CHAIRE DE SEMIOLOGIE ET PATHOLOGIE MEDICALE DES EQUIDES ET CARNIVORES

Professeur titulaire	M. LESCURE
Maître de Conférences	M. GUELFI
Maître-Assistant	REGNIER

Sémiologie et pathologie médicale des équidés et carnivores
Législation vétérinaire et Déontologie clinique

CHAIRE DE PATHOLOGIE MEDICALE DU BETAIL ET DES ANIMAUX DE BASSE-COUR

Professeur titulaire	M. TOURNUT
Maître de Conférences	M. BEZILLE
Maître Assistant	M. JOUGLAR

Sémiologie et Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour
Clinique - Clinique ambulatoire

CHAIRE DE PATHOLOGIE CHIRURGICALE

Professeur titulaire	M. CAZIEUX
Maître Assistant Agrégé	M. GENEVOIS
Maître Assistant	M. AUTEFAGE

Propédeutique et Sémiologie Chirurgicale - Technique Chirurgicale
Pathologie Chirurgicale - Clinique

CHAIRE DE PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION

Professeur titulaire	M. FERNEY
Professeur sans chaire	M. ROYAL
Maître Assistant Agrégé	M. TAINTURIER

Sémiologie et Propédeutique - Pathologie de la Reproduction
Obstétrique - Clinique

CHAIRE DE MALADIES CONTAGIEUSES - ZOONOSES - LEGISLATION SANITAIRE

Professeur titulaire	M. CHANTAL
Maître de Conférences	M. GANIERE
Maître Assistant	PICAVET

Maladies contagieuses - Zoonoses - Législation Sanitaire

CHAIRE DE PATHOLOGIE GENERALE - MICROBIOLOGIE - IMMUNOLOGIE

Professeur titulaire	M. LAUTIE
Maître Assistant	M. PELLERIN

Microbiologie - Immunologie - Pathologie Générale

CHAIRE DE ZOOTECHNIE ET ECONOMIE RURALE

Professeur titulaire	M. QUEINNEC
Professeur sans chaire	DARRE
Maître Assistant	Mme QUEINNEC

Ethnologie - Génétique appliquée - Hygiène générale - Zootechnie - Elevage
Economie Générale et des productions animales

CHAIRE D'ALIMENTATION

Professeur titulaire	M. FALIU
Professeur sans chaire	M. GRIESS

Botanique appliquée et Bromatologie- Agronomie - Alimentation

CHARGES D'ENSEIGNEMENT

MM. les Professeurs : ANGELIER, ARMENGAUD, AUVERGNAT, BLANC, BOURBON, COMBES, COMBRET, CROS, FERNET, LE BIHAN, MAZENC, RIVES.

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsable des opinions émises par les candidats (délibération de la Faculté en date du 10 mai 1891 et du Conseil de l'Ecole en date du 13 juin 1924).

A MES PARENTS.

A ANNE-MARIE.

A ADELINE.

A NOTRE PRESIDENT DE THESE.

Monsieur le Professeur MONNIER,

de l'Université Paul Sabatier de Toulouse,

Qui nous a fait l'honneur d'accepter

la présidence de notre jury de thèse.

Hommage respectueux.

A NOTRE JURY DE THESE.

Monsieur le Professeur EECKHOUTTE

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Qui nous a guidé dans la rédaction de cette thèse.

Hommage reconnaissant.

Monsieur le Professeur FRANC

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Qui a aimablement accepté de faire partie de notre jury de thèse.

Nos vifs remerciements.

A TOUS NOS MAITRES DE

L'ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE.

L E M I E L

*
* *

P L A N

-o-o-

INTRODUCTION ..... p 1

PREMIER CHAPITRE - DEFINITION DU MIEL ET VARIETES BOTANIQUES.

I - DEFINITION DU MIEL ..... p 3

A - Définition légale du miel en Europe .... p 3
B - Influence de la tradition sur la conception du miel ..... p 3

II - LES VARIETES BOTANIQUES DE MIEL ..... p 4

A - Miel de nectar et miel de miellat ..... p 4
B - Miel unifloral et miel multifloral ..... p 4

DEUXIEME CHAPITRE - CARACTERISTIQUES PHYSIQUES, CHIMIQUES, ORGANOLEPTIQUES ET EXAMEN MICROSCOPIQUE DES MIELS.

I - PROPRIETES PHYSIQUES ..... p 7

A - Propriétés mécaniques ..... p 7
B - Propriétés calorifiques ..... p 8
C - Propriétés électriques : la conductibilité électrique ..... p 10
D - Propriétés optiques ..... p 10
E - Hygroscopicité ..... p 11
F - Cristallisation. ..... p 12

II - COMPOSITION ET ANALYSES CHIMIQUES ..... p 16

A - Eau ..... p 16
B - Sucres .....p 17
C - Acides ..... p 21
D - Eléments minéraux ..... p 22
E - Substances azotées ..... p 24
F - Vitamines et enzymes ..... p 25
G - Constituants divers ..... p 27
H - Le problème soulevé par l'HMF..... p 29

III - EXAMEN MICROSCOPIQUE : L'ANALYSE POLLINIQUE ..p 30

A - Remarques préliminaires .....p 30
B - Origine du pollen dans le miel ..... p 31
C - Méthode de l'étude pollinique du miel ... p 31

D - Etude des miels de nectar ..... p 33
E - Interprétation du spectre pollinique .... p 34
F - Etude microscopique des miels de miellat p 35

IV - ANALYSE ORGANOLEPTIQUE ..... p 35

TROISIEME CHAPITRE - PROPRIETES BIOLOGIQUES DU MIEL.

I - PROPRIETES PHYTOINHIBITRICES ET ANTIBACTERIENNES ..... p 37

A - Propriétés phytoinhibitrices ..... p 37
B - Propriétés antibactériennes ..... p 37

II - PROPRIETES NUTRITIVES ET THERAPEUTIQUES DU MIEL CHEZ L'HOMME ..... p 41

A - Les problèmes soulevés par cette étude .. p 41
B - Principales actions du miel sur l'organisme humain ..... p 43
C - Usages du miel en diététique nutritive .. p 46
D - Usages du miel en thérapeutique .... p 47

QUATRIEME CHAPITRE - LES PROBLEMES HYGIENIQUES POSES PAR LA CONSOMMATION DE MIEL.

I - LES MIELS A TOXICITE D'ORIGINE VEGETALE ..... p 53

II - LES MIELS POLLUES ..... p 54

A - Pollution par les micro-organismes ..... p 54
B - Pollution chimique ..... p 58

1 - D'origine apicole ..... p 59
2 - D'origine agricole et industrielle . p 63

C - Pollution radioactive ..... p 66

III - LES ALTERATIONS ..... p 68

A - Remarques préliminaires ..... p 68
B - Le vieillissement ..... p 68
C - Le chauffage .....p 74
D - Altérations provoquées par divers agents atmosphériques ..... p 76

IV - CONCLUSION SUR L'INSPECTION SANITAIRE DU MIEL p 77

CINQUIEME CHAPITRE - TECHNOLOGIE DU MIEL.

I - OPERATIONS GENERALEMENT EFFECTUEES PAR L'APICULTEUR ..... p 79

A - Ajustement de la teneur en eau dans les hausses ..... p 79
B - Chambre de réchauffage ..... p 81
C - Extraction ..... p 81

1 - Remarques préliminaires ..... p 81
2 - Désoperculation ..... p 82
3 - Centrifugation ..... p 84
4 - Dissociation miel-opercules de cire . p 86

D - Epuration ..... p 88

II - OPERATIONS GENERALEMENT EFFECTUEES PAR UNE ENTREPRISE DE CONDITIONNEMENT ..... p 90

A - Refonte ..... p 90
B - Remarque sur le transfert du miel ..... p 91
C - Ajustement de la teneur en eau ..... p 92
D - Les mélanges ..... p 92
E - Pasteurisation ..... p 93
F - Filtration sous pression ..... p 100
G - Cristallisation dirigée ..... p 100
H - Conditionnement et conditions d'emmagasinage ..... p 104

SIXIEME CHAPITRE - LE COMMERCE DU MIEL.

I - LE MARCHE MONDIAL DU MIEL ..... p 107

A - Production et exportations ..... p 107
B - La demande : les importations ..... p 110
C - Le marché proprement dit ..... p 112

II - LE MARCHE DU MIEL EN FRANCE ..... p 113

A - Offre ..... p 113

1 - Production nationale ..... p 113
2 - Le bilan importations-exportations .. p 118

B - Demande ..... p 120

1 - Données quantitatives sur la consommation ..... p 120
2 - Caractères de l'utilisation du miel en industrie et en pâtisserie ..... p 122
3 - Caractères de la consommation de miel de table ..... p 123

C - Le marché proprement dit ..... p 125

1 - Le prix ..... p 125
2 - Les motivations d'achat du miel ..... p 128
3 - La concurrence : les principaux produits de remplacement du miel ..... p 133
4 - La promotion du miel ..... p 133
5 - Le conditionnement ..... p 135
6 - Les circuits de distribution ..... p 136
7 - Règlementation ..... p 139

CONCLUSION ..... p 143

*
* *

I N T R O D U C T I O N

-o-o-o-o-o-o-o-

Le miel, avec des aliments comme le lait et le blé, est le symbole même de la nourriture.

Notre civilisation industrielle soucieuse de rentabilité immédiate et maximale a par trop négligé l'apiculture. Or, l'abeille, en dehors de l'élaboration de miel, de cire et d'autres produits, assure au cours de son butinage la pollinisation d'un grand nombre d'espèces végétales cultivées ou non. Cette action est estimée, en valeur, à plus de dix fois le revenu total de l'apiculture. Au cours des prochaines décennies, ce rapport n'ira qu'en augmentant du seul fait de la destruction quasi totale de tous les autres insectes pollinisateurs par les produits phytosanitaires utilisés par notre agriculture moderne. Loin de nous une quelconque critique sur un sujet qui n'est pas l'objet de notre travail. Disons, qu'il y a actuellement, tout au moins en France, une prise de conscience de certains secteurs de l'agriculture sur l'importance des abeilles. Un bon nombre de producteurs de semences et d'arboriculteurs sont déjà convaincus.

Ce phénomène va pouvoir peut-être sauver l'apiculture européenne. Mais le miel, dans la mesure où il est la principale rémunération de l'apiculteur, doit être mieux connu et c'est ainsi que les résultats, apportés sur tous les plans par les techniques modernes d'investigation, ont permis d'infirmer ou de confirmer les idées véhiculées par une longue tradition.

La définition du miel constitue le préléminaire à toute étude.

Le miel appartient classiquement aux produits qualifiés de naturels. Mais, la Nature, comprise comme une entité préservée de l'influence humaine, ne se rencontre plus guère en Europe. Aussi le miel est-il victime de diverses pollutions qui, s'ajoutant à certaines pratiques apicoles modernes, ont pour effet d'augmenter les problèmes hygièniques.

De plus, le miel, produit fragile, est trop souvent maltraité par l'apiculteur qui a pourtant à sa disposition des techniques éprouvées.

Cependant, les nombreuses défaillances constatées au niveau de la manipulation du miel trouvent, en partie, leur explication dans des méthodes de commercialisation archaïques. A l'heure où on parle de "marketing" comment se présente le

marché d'un aussi vieux produit ?

Telles sont quelques unes des questions auxquelles nous tenterons de répondre en utilisant les références sélectionnées parmi une bibliographie abondante ; nous espérons que notre petite expérience apicole et notre connaissance du monde de l'apiculture ont aidé à rendre notre synthèse proche des préoccupations actuelles en matière de miel.

P R E M I E R C H A P I T R E

*

DEFINITION DU MIEL ET VARIETES BOTANIQUES

-o-o-o-o-o-o-

I - DEFINITION DU MIEL.-

A - Définition légale du miel en Europe.

Concernant le miel, la France applique la directive de la CEE (74/409/CEE) par l'intermédiaire du décret n° 76-717 du 22 Juillet 1976 pris pour application de la loi du 1er Août 1905 et publié au Journal Officiel le 30 Juillet 1976.

Selon l'article 1 du décret précité on entend par miel, "la denrée alimentaire produite par les abeilles mellifiques à partir du nectar des fleur ou des sécrétions provenant de parties vivantes de plantes ou se trouvant sur elles, qu'elles butinent, transforment, combinent avec des matières spécifiques propres, emmagasinent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche. Cette denrée alimentaire peut être fluide, épaisse ou cristallisée".

B - Influence de la tradition sur la conception du miel.

En Europe, et plus particulièrement en Allemagne, en Suisse et en France, on reconnait au miel des qualités infinies : c'est un cadeau de la nature, un trésor de pureté...

Aussi a-t-on voulu préserver le miel de manipulations intempestives qui pourraient être assimilées à une dénaturation du produit. C'est dans cet esprit que l'article 5 du décret du 22 Juillet 1976, en fixant la composition chimique de cet aliment, limite considérablement l'utilisation du mot miel.

Par contre, au USA et au Canada, le miel est considéré comme un produit sucrant au même titre que le sucre de canne ou le "corn syrup" (11).

Pour les consommateurs nord-américains la notion de pureté, en matière de miel, est liée à la clarté et à la limpidité. La diversité, de plus, n'est guère appréciée.

Aussi, à la suite de tous les traitements technologiques subis, il ne peut pas avoir droit, en Europe, à la dénomination de miel.

II - LES VARIETES BOTANIQUES DE MIEL.-

Le miel est le résultat de deux entités biologiques différentes représentées par l'abeille et la plante. Nous nous contenterons d'analyser les différences qui caractérisent les miels suivant leur origine végétale.

Actuellement, dans le Monde, est élevée presque exclusivement Apis mellifica. Cependant les races (A.m. mellifica, A.m. caucasica, A.m. carnica, A.m. ligustica...) et les variétés, à l'intérieur de cette espèce, ne produisent pas toutes le même miel (66). De plus, des insectes appartenant à d'autres espèces (A. indica, A. florea...) et même à d'autres genres (Melipona, Scaptotugona...) sont aussi mellifiques.

A Madagascar, à Cuba, au Brésil, certains apiculteurs exploitent des Méliponines qui produisent des miels très particuliers (48) (21).

Selon l'origine végétale, il est classique de distinguer deux sortes de miels :

A - miel de necter et miel de miellat.

Les abeilles produisent le miel de nectar, ou miel de fleur, en récoltant le nectar élaboré par les nectaires de certains végétaux. Ceux-ci se trouvent dans la fleur ou, parfois, dans ses environs proches (18). La grande majorité des miels appartient à ce processus de récolte.

Le miellat, par contre, est rejeté par certains insectes (Aphidiens surtout, Psylles, Coccidés... (16)) après ingestion de sève. Il tombe sur les feuilles et les branches du végétal parasité, se dessèche pour être ensuite léché par les abeilles (18). Le type du miel de miellat est le miel de "sapin" (55) qu'élaborent les abeilles à partir du miellat rejeté par les moucherons ou Aphidiens. La manne, en apiculture, désigne un miellat particulier qui cristallise très rapidement sur le végétal.

B - miel unifloral et miel multifloral.

La miellée, représentée par l'ensemble des provisions réalisées par l'abeille, est généralement fabriquée à partir de nectars, et parfois de miellats, provenant d'espèces végétales différentes. Le miel ainsi obtenu est qualifié de multifloral ou de polyfloral.

La miellée n'est observée que, lorsque dans le voisinage du rucher, un végétal se trouve en grande quantité et en période de butinage.

Mais, si pour diverses raisons (monoculture, saison...) ce végétal est quasiment le seul dont les abeilles puissent bénéficier à un moment donné, le miel récolté par l'apiculteur sera très caractéristique. Il porte alors le nom de miel unifloral ou monofloral.

En fait, la limite entre les deux types est floue car, dans la nature, les abeilles ont en permanence plusieurs espèces végétales à visiter ; aussi, un miel unifloral au sens théorique du mot, c'est à dire ne provenant que d'une espèce végétale donnée, ne peut être qu'expérimental (16) (24) (73).

Il apparait donc nécessaire de caractériser, avec plus de rigueur, les miels unifloraux. C'est une tâche très difficile car il est impossible, à partir d'une même espèce végétale de trouver deux miels identiques. En effet, le végétal est très différent suivant la variété, le sol, les conditions météorologiques, l'époque de butinage... En outre, l'abeille et les manipulations humaines ne sont pas aussi sans influence (16).

Il résulte de tout cela qu'une définition correcte d'un miel unifloral ne peut être formulée qu'à partir d'une étude statistique.

Et encore, à l'heure actuelle, pour décrire un miel, le recours simultané aux méthodes physiques, chimiques, polliniques et organoleptiques est nécessaire, car aucune ne peut se suffire à elle seule (55) (58).

D E U X I E M E C H A P I T R E

*

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES, CHIMIQUES, ORGANOLEPTIQUES ET EXAMEN MICROSCOPIQUE DES MIELS

-o-o-o-o-

Pour traiter cette partie, nous nous sommes inspirés, essentiellement, de deux ouvrages collectifs : d'une part "Le traité de biologie de l'abeille" de Chauvin (1968) (16) dans lequel Louveaux a composé les parties qui nous intéressent, d'autre part "Honey-a comprehensive survey" de Crane (1975) (21) dans lequel White traite notamment des propriétés physico-chimiques et Maurizio de l'examen microscopique des miels.

Concernant les données chiffrées, nous nous référons principalement à celles publiées par White et coll. (1962) (97) après l'analyse physico-chimique de 490 échantillons de miel des USA. Malheureusement, les résultats ne sont pas généralisables car aucun miel de miellat n'a été étudié et, de plus, certaines méthodes d'analyse utilisées sont actuellement considérées comme peu fiables.

I - PROPRIETES PHYSIQUES.-

A - Propriétés mécaniques

1 - Densité

White et coll. (97) ont trouvé à 20°C une valeur moyenne de 1,4225. En première approximation, on peut considérer que le poids spécifique d'un miel dépend de la teneur en eau. Des tables permettent de connaître les correspondances entre trois données : la teneur en eau, le poids spécifique et l'indice de réfraction (97).

Dans la pratique, il est cependant difficile de déterminer avec précision la teneur en eau d'un miel au moyen d'un densimètre.

2 - Viscosité

Comme nous le verrons plus loin c'est un paramètre très important en technologie.

Du fait de leur composition, on distingue les miels

Newtoniens, la majorité, c'est à dire ceux qui suivent les lois de Newton sur l'écoulement des fluides, et les miels non Newtoniens.

a - Miels Newtoniens

Des travaux de Munro (1943) (80) il résulte, qu'à partir de 30 à 40°C, il y a, suivant les miels, une diminution très importante de la viscosité laquelle, à 15°C, et pour un miel à 17% d'humidité, a une valeur qui est égale à 300 Poises environ. Au delà de 45°C, la viscosité ne varie presque plus (voir planche n°1). Open et Schuette (16) ont établi la formule qui relie la viscosité du miel à la température : $\log \eta_T = a/T+b$ (T = température absolue, a et b sont des constantes).

La viscosité dépend aussi, dans une moindre mesure et sur le plan pratique, de la teneur en eau (voir planche n°1) ; elle est liée en effet au logarithme de la teneur en eau (16).

b - Miels non Newtoniens

Parmi les miels non Newtoniens, le plus important pour l'apiculteur européen est le miel de Callune. Il a des propriétés qui rappellent la thixotropie de certaines argiles : au repos, il se présente sous forme d'un gel et, après agitation, il s'écoule normalement pour reprendre ensuite, assez rapidement, son état de gel.

Ce caractère particulier est dû à la présence d'une protéine dont la teneur est très variable suivant la pureté botanique de l'échantillon. Pour un miel très pur elle varie entre 1 et 2%. Cette protéine est précipitable par l'alcool éthylique absolu, lequel ne donne jamais des précipités d'une telle importance avec les autres miels (68).

Les études de Pryce-Jones (16) ont montré que le miel de Callune n'est pas thixotrope au sens physique, l'état de gel n'étant pas totalement rompu après agitation.

Il existe de nombreux autres miels non Newtoniens dont un, particulièrement remarquable, est celui de certains Eucalyptus d'Afrique du Sud qui posséde des propriétés inverses de la thixotropie (21).

B - Propriétés calorifiques

1 - Chaleur spécifique.

La chaleur spécifique du miel est faible. Il y a divergence entre les auteurs : pour un miel liquide à 17,5% d'eau elle semble voisine de 0,55 à 20°. Elle est légèrement plus

élevée pour un miel cristallisé (21).

Planche n°1

Viscosité de quelques miels
en fonction de la
température et de la teneur en eau

-o-o-o-o-o-

Type de miel	Teneur en eau (%)	Température (°C)	Viscosité (poises)
Melilot	16,1	13,7	600,0
	-	20,6	189,6
	-	29,0	68,4
	-	39,4	21,4
	-	48,1	10,7
	-	71,1	2,6
Sauge	18,6	11,7	729,6
	-	20,2	184,8
	-	30,7	55,2
	-	40,9	19,2
	-	50,7	9,5
Trèfle blanc	13,7	25,0	420
	14,2	-	269
	15,5	-	138
	17,1	-	69,0
	18,2	-	48,1
	19,1	-	34,9
	20,2	-	20,4
	21,5	-	13,6

D'après Munro (1943) (80)

2 - Conductibilité thermique

Pour un miel à 17% d'humidité, et à 21°C, elle a une valeur de : 128.10^{-5} cal/cm.sec.°C. Elle est un peu plus élevée pour un miel finement cristallisé. Elle augmente si la température s'élève ou bien si le taux d'humidité diminue (21).

Dans les conditions normales, le miel a donc une mauvaise conductibilité thermique.

C - Propriétés électriques : la conductibilité électrique

La conductibilité électrique se mesure à 20°C en diluant le miel dans l'eau pour obtenir une solution à 20% de matière sèche (98) (76).

La conductibilité électrique est caractéristique d'un miel unifloral donné, mais aucune utilisation pratique n'en est faite (98).

On obtient des valeurs supérieures à 10.10^{-4} S/cm pour les miels de miellat et inférieures pour les miels de nectar. La mesure de la conductibilité électrique, cependant insuffisante à elle seule, permet, associée à l'analyse pollinique, de connaitre, avec plus de précisions, le pourcentage de miel de miellat contenu dans un miel (98).

D - Prorpriétés optiques

1 - Indice de réfraction.

Il varie en fonction de la température et du taux d'humidité du miel. Sa mesure est couramment effectuée pour déterminer la teneur en eau. La correspondance entre l'indice de réfraction et le taux d'humidité s'établit d'après des tables (76) qui sont l'aboutissement de modifications successives, apportées par de nombreux auteurs (21) (97).

Dans la pratique on utilise un réfractomètre à main, dont certains. spécialement conçus pour les miels, permettent par lecture directe de mesurer la teneur en eau.

2 - Coloration

Les couleurs du miel sont nombreuses et variées. Tous les tons sont observés, du jaune très pâle au noir, en passant par les bruns, les roux, les verdâtres...

La connaissance de la coloration d'un miel, utile pour sa caractérisation, renseigne surtout sur les modifications subies (vieillissement, chauffage). Dans certains pays, comme les USA et le Canada, elle constitue même un critère de qualité.

Les mesures spectrophotomètriques sont le plus souvent exprimées par comparaison avec une solution étalon. L'appareil alors employé est le "Pfund grader", spécialement étudié aux USA pour les miels. Les résultats s'expriment sur l'échelle de Pfund qui va de 0 à 14. Une étude a montré que la solution étalon utilisée, le caramel dans la glycérine,

était peu fidèle du fait de la quasi impossibilité à la définir chimiquement (7). Par la suite, l'utilisation de l'Iode en solution dans l'eau a été proposée comme étalon de couleur.

Il existe plusieurs échelles commerciales de couleur. Celle de Pfund, officiellement reconnue aux USA, comporte sept couleurs du blanc d'eau au foncé. Zander en a proposé une, utilisée ensuite par Barbier et Valin, pour en établir une autre (7) (58). Toutes ces méthodes, peu pratiques et peu rationnelles, ne sont pas employées en Europe.

3 - Turbidité

Elle est fonction de la teneur en éléments figurés : levures, spores, grains de pollen, impuretés diverses et colloïdes (65).

4 - Fluorescence

Sous rayonnement ultraviolet certains miels, comme le miel de Châtaignier, émettent une fluorescence. Les couleurs de fluorescence sont variables. Aucune utilisation pratique n'est faite de ce phénomène dont on ne connait pas l'origine (16).

E - Hygroscopicité

Les principaux travaux sur l'hygroscopicité des miels sont ceux de Martin (1939) (72).

Solution concentrée de sucres, tout miel tend vers un équilibre hygrométrique avec l'atmosphère dans laquelle il est placé.

Le pouvoir hygroscopique du miel est essentiellement dû au fructose.

La vitesse, pour atteindre l'équilibre entre le miel et l'atmosphère, est d'autant plus grande que l'écart est grand. Pour un miel cristallisé l'état d'équilibre est atteint moins rapidement.

A 20°C et en atmosphère saturée d'humidité, un miel liquide voit sa teneur en eau augmenter de 1,08% par jour pendant les vingt premiers jours. Au bout de 3 mois, la teneur a atteint 55,2%.

Mais les échanges se faisant en surface, en atmosphère très séche, il se forme sur le miel une mince pellicule desséchée qui retarde les mouvements de l'eau. Le degré hygro-

métrique optimum pour dessécher un miel semble être compris entre 0 et 20% d'humidité relative.

Un miel de Trèfle dont la teneur en eau est de 17,4% est en équilibre approximatif avec l'humidité relative de l'air si cette dernière à une valeur de 58%. La majorité des miels doivent être conservés dans une atmosphère possédant une humidité relative inférieure à 60% pour ne pas voir leur teneur en eau dépasser 18%.

Il faut cependant signaler que les échange d'eau, entre le miel et l'atmosphère, peuvent se faire à travers l'opercule de cire, ce qui a des conséquences technologiques que nous évoquerons ultérieurement.

F - Cristallisation

La cristallisation est une phénomène qui intéresse la plus grande majorité des miels, et qui survient au bout d'un temps plus ou moins long.

La cristallisation, avec ses conséquences commerciales, hygiéniques et parce qu'elle s'accompagne souvent de fermentations anormales, pose de gros problèmes technologiques. Dans ces conditions, cette propriété physique a fait et fait encore l'objet de nombreuses publications. Mais l'étude la plus complète demeure actuellement, celle de Dyce (1931) (29).

1 - Etude du déroulement de la cristallisation

Parmi tous les sucres du miel, seulement une minorité cristallise et, on peut même considérer que pratiquement, ce phénomène ne concerne que le glucose. Ce dernier, infiniment moins soluble dans l'eau que les autres sucres et notamment le fructose, a tendance a se séparer de son eau d'hydratation et cristallise.

Cependant, la molécule de glucose hydraté ne peut cristalliser qu'au contact d'un noyau de cristallisation ; celui-ci est, le plus souvent, constitué par de petits cristaux de glucose préexistants dans le miel. De nombreux éléments figurés peuvent jouer le rôle de noyau de cristallisation : ce sont les grains de pollen, les diverses impuretés macroscopiques du miel et les poussières atmosphériques qui viennent souiller le miel ; la cristallisation pourrait même se manifester au voisinage des bulles d'air par suite d'une dessiccation à ce niveau (16).

La température joue un rôle important dans la cristallisation. C'est ainsi que les cristaux de glucose se forment mieux à basse température. Mais, à l'intérieur du miel les

courants de convection qui se produisent ont pour effet, d'une part de briser les cristaux de glucose, d'autre part d'amener au niveau de ces mêmes cristaux de nouvelles molécules de glucose hydraté qui vont cristalliser. Les températures élevées, en diminuant la viscosité du miel, augmentent donc la vitesse des courants de convection favorables à la cristallisation. Dyce a ainsi montré que, pour chaque miel, il existe une température optimale de cristallisation qui, pour la grande majorité des miels, est voisine de 14°C. La cristallisation ne peut pas se dérouler à une température inférieure à 4°C et, à partir de 25°C environ, elle n'est plus possible. Vers 30 à 40°C les cristaux de glucose commencent à se dissoudre et ils sont tous détruits à une température supérieure à 66°C.

2 - Les différents types de cristallisation des miels en rapport avec leur composition.

Suivant les miels, il existe de très nombreux types de cristallisation qui portent sur la taille, la forme des cristaux (cristaux sphériques dans le cas du miel de Callune), sur la trame et, éventuellement, sur les modalités du développement à l'intérieur du récipient (complète ou incomplète, en nappe...).

Bien qu'il ne faille pas négliger l'importance d'autres facteurs, comme les noyaux de cristallisation, il apparait que le type de cristallisation est essentiellement fonction de la composition du miel.

En première approximation, la cristallisation d'un miel aboutit à la constitution d'une trame de glucose cristallisé dans laquelle se trouve emprisonnée la phase liquide, solution de fructose (16). Mais de nombreuses autres composants, saccharose et maltose notamment (4), ont une grande importance dans la cristallisation.

White et coll. (1962) (97) ont classé les divers types de cristallisation en les reliant à la nature du rapport glucose/eau (G/E) (voir planche n°2). D'après leurs travaux, il ressort que le rapport glucose/eau est celui qui convient statistiquement le mieux pour définir l'aptitude à la cristallisation d'un miel. Ce rapport avait déjà été pressenti empiriquement (16).

3 - Stabilité de la cristallisation

La cristallisation d'un miel n'est pas indéfiniment stable. Après un certain temps, variable suivant les miels et le mode de conservation, les cristaux ont tendance à se déposer au fond du récipient. Le résultat macroscopique se présente

sous la forme d'une couche cristallisée blanche surmontée d'un liquide foncé, contenant la majorité des composés pigmentés.

Il est intéressant de remarquer qu'un miel cristallisé a une couleur plus claire que le même miel liquide. Ceci est dû aux reflets particuliers de la lumière sur les cristaux de glucose.

L'effondrement de la texture cristalline qui survient au cours de la conservation a été étudiée par Austin et Jamieson (1958) (5) au moyen d'un pénétromètre à aiguille. La stabilité de la cristallisation dépend de la teneur en eau et du rapport fructose sur glucose (F/G). Pour une teneur en eau de 16% le miel est stable quelque soit le rapport F/G ; pour 17% et 18% d'humidité il est nécessaire que F/G soit inférieur à 1,14 et, inférieur à 1,00 pour 19% d'humidité ; pour un miel titrant 20% d'humidité la cristallisation n'est jamais stable.

Planche n°2

Type de cristallisation du miel
et valeur du rapport glucose sur eau

-o-o-o-o-o-o-o-o-

La cristallisation a été notée sur des miels chauffés à plus de 66°C après une conservation de six mois à la température de 23 à 28°C. Le miel était, au repos, dans des récipients de 230 ou 450 g.

Echelle	Caractère de la cristallisation	Valeur du rapport glucose sur eau
0	miel non cristallisé	1,58
1	quelques cristaux isolés	1,76
2	couche de cristaux de 1,5 à 3 mm	1,79
3	couche de cristaux de 6 à 12 mm	1,83
4	quelques amas de cristaux	1,86
5	cristallisation sur 1/4 de la hauteur	1,99
6	cristallisation sur 1/2 de la hauteur	1,98
7	cristallisation sur 3/4 de la hauteur	2,06
8	cristallisation complète et souple	2,16
9	cristallisation complète et dure	2,24

D'après White et coll. (1962) (97).

4 - Cristallisation et fermentation

La cristallisation a longtemps été considérée comme un critère de mauvaise qualité du miel et même comme une preuve de falsification, par adjonction de sucre.

Ce jugement trouve son origine dans le fait que, très souvent, la fermentation du miel ne peut se produire qu'après cristallisation.

En effet, le développement des levures n'est possible que si la teneur en eau est élevée, ce qui est le cas dans la phase liquide d'un miel cristallisé. C'est ainsi, par exemple, qu'un miel de Trèfle contenant 17,6% d'eau peut donner, après cristallisation, une phase liquide ayant un taux d'humidité de 22,8% ; dans ce cas, les risques de fermentation sont réels (16).

II - COMPOSITION ET ANALYSES CHIMIQUES.-

A - Eau

1 - Données chiffrées

Sous nos climats, les abeilles operculent, dans la grande majorité des cas, les cellules lorsque la teneur en eau du miel atteint une valeur de 17 à 18% (16).

White et coll. (97) donnent un taux moyen de 17,2% (voir planche n°3).

Quelques miels comme le miel de Callune et le miel de Trèfle ont, naturellement, un taux d'humidité supérieur (68).

Le décret du 22 Juillet 1976 fixe la teneur maximale en eau du miel à 21%, sauf pour les miels de Callune et de Trèfle pour lesquels le taux maximum est de 23%.

2 - Méthodes d'analyse

C'est la méthode réfractométrique qui est presque exclusivement employée (76). La mesure de l'indice réfractométrique est simple, fiable et précise. La correspondance avec la teneur en eau réelle est bonne (108).

3 - Importance

La fermentation d'un miel dépend étroitement de sa teneur en eau.

De plus, la connaissance du taux d'humidité renseigne sur le pouvoir de cristallisation d'un miel.

Enfin, l'eau influe sur les qualités organoleptiques. Ainsi, il a été montré que, dans le cas particulier du miel de Callune, l'augmentation de saveur est directement proportionnelle à la quantité d'eau, jusqu'à un maximum de 25% (68).

Planche n°3

Composition moyenne de 490 échantillons de miel des USA

-o-o-o-o-o-o-o-

Caractéristiques mesurées	Moyenne	Déviation standard	Amplitude de la variation
Humidité (%)	17,2	1,46	13,4 - 22,9
Fructose (%)	38,19	2,07	27,25 - 44,26
Glucose (%)	31,28	3,03	22,03 - 40,75
Saccharose (%)	1,31	0,95	0,25 - 7,57
Maltose (%)	7,31	2,09	2,74 - 15,98
Sucres supérieurs (%)	1,50	1,03	0,13 - 8,49
PH	3,91		3,42 - 6,10
Acidité libre (meq/kg)	22,03	8,22	6,75 - 47,19
Lactones (meq/kg)	7,11	3,52	0,00 - 18,76
Acidité totale (meq/kg)	29,12	10,33	8,68 - 59,49
Cendres (%)	0,169	0,15	0,020 - 1,028
Azote (%)	0,041	0,026	0,000 - 0,133
Amylase (unités sur échel. de Schade,Marsh et Eckert)	20,8	9,76	2,1 - 61,2

D'après White et coll. (1962) (97).

La falsification par adjonction d'eau est peu probable du fait d'une mesure aisée.

B - Sucres

1 - Inventaire et données chiffrées

Environ 97% de la matière sèche du miel est constituée par les glucides.

Les principaux sucres du miel sont le glucose et la fructose (80% à 90% du total) puis la saccharose et le maltose (voir planche n°3). White et coll. (97) ont rassemblé, en

fait avec le maltose, l'ensemble des disaccharides réducteurs.

A côté de ces principaux sucres, ont été isolés des miels une multitude d'autres, pondéralement très peu importants, et qui ne sont jamais tous présents à la fois dans un même miel (44).

Parmi les mono et disaccharides citons, l'isomaltose, le kojibiose, le maltulose, les mélébiose, la nigérose, le turanose (91). L'erlose, la dextrantiose, le kestose, le mélézitose, le raffinose sont les autres oligosaccharides isolés (91). De même un poly- saccharide de poids moléculaire inférieur à 10.000 a été identifié (91).

Mais, du fait de méthodes d'analyse très délicates, la polémique concernant la présence de certains sucres n'est pas close (21).

Le décret du 22 Juillet 1976 considère, en matière de sucre, deux rubriques :

- teneur apparente en sucres réducteurs, exprimée en sucre inverti :
  . miel de nectar : pas moins de 65%
  . miel de miellat, seul ou en mélange avec le miel de nectar : pas moins de 60%.

- teneur apparente en saccharose
  . en général : pas plus de 5%
  . miel de miellat, seul ou en mélagne avec le miel de nectar, miels d'Acacia, de Lavande et de Banksia mensiesii : pas plus de 10%.

2 - Origine des sucres

De l'analyse des nectars il résulte que, dans leur grande majorité, ceux-ci ne contiennent que trois sucres : le saccharose, le glucose et le fructose. Dans d'autres cas, dès sa sécrétion, le nectar est l'objet de réactions enzymatiques diverses qui aboutissent à la formation de kestose, de raffinose et de mélézitose (16).

Pour les miels de miellat l'origine de certains sucres s'explique par les réactions enzymatiques de l'aphide.

Mais les réactions enzymatiques les plus importantes font intervenir les sécrétions des glandes hypopharyngiennes de l'abeille qui permettent d'obtenir une relative constance dans la teneur des sucres principaux. C'est ainsi que l'invertase de l'abeille transforme le saccharose en glucose et fructose : elle participe aussi à la transglucocidation (84):

à partir du glucose, donnant ainsi une plus ou moins grande prédominance au fructose, il y a apparition de différents sucres tels que le maltose, l'isomaltose, le dextrantiose, l'erlose qui ne sont jamais présents dans le nectar. L'erlose, quant à lui, n'a jamais été trouvé au niveau du règne végétal (16).

Cependant nos connaissances actuelles des enzymes des plantes, de l'abeille et des autres insectes ne peuvent pas expliquer la production de tous les sucres (21).

3 - Méthodes d'analyse

Elles sont nombreuses et on distingue tout d'abord des méthodes de dosages simples :

- Le dosage iodométrique du glucose par la méthode de Bougault qui est encore utilisée dans les analyses courantes, en technologie (41).

- Le dosage de l'ensemble des sucres réducteurs : méthode réductimétrique à la liqueur de Fehling (Bertrand) ou méthode de Luff Schoorl (76). On peut les compléter par une inversion en milieu acide laquelle révèle le groupe des sucres non réducteurs hydrolysables (76). Mais ces méthodes qui donnent, d'une part l'ensemble des sucres réducteurs : fructose, glucose, diholosides réducteurs principalement et, d'autre part le groupe des sucres non réducteurs : saccharose pour l'essentiel, sont peu utilisées dans les travaux de recherche.

- D'autres dosages colorimétriques permettent d'estimer la teneur en glucose et en fructose (41).

Mais tous ces dosages sont imprécis car un grand nombre de sucres réagissent dans une même réaction. Aussi les techniques de chromatographie sont très employées pour séparer, identifier ou doser les sucres :

- La séparation sur colonne en phase liquide est peu utilisée. La phase fixe est le charbon, la phase mobile un mélange éthanol-eau. Ensuite, on procède à un dosage des sucres dans les fractions recueillies (97). C'est une bonne technique pour isoler, mais longue et les résultats sont moins précis que ceux donnés par la chromatographie en phase gazeuse.

- La chromatographie sur papier et la chromatographie sur couche mince sont des bonnes méthodes d'identification (73) (76).

- La chromatographie en phase gazeuse permet une identification et un dosage précis des différents sucres. Malheu-

reusement c'est une méthode longue et coûteuse (76) (85).

4 - Importance

a - cristallisation

Le dosage des sucres est nécessaire pour apprécier correctement le potentiel de cristallisation d'un miel.

b - origine botanique du miel

La teneur en mélézitose est importante dans les miels de miellat mais faible dans les miels de nectar (18).

Cependant, de l'identification des sucres de 45 miels unifloraux expérimentaux rien de très précis n'a pu être déduit si ce n'est la concordance satisfaisante avec le spectre des sucres des miels unifloraux naturels (73).

Les sucres, tant par leur nature que par leur quantité respective, sont principalement influencés par les enzymes de l'abeille (73). Ainsi, même avec le développement de la recherche, la seule étude des sucres ne permet pas de formuler des conclusions précises sur l'origine botanique des miels.

c - falsification

L'adjonction de saccharose est possible mais en très petite quantité à cause de la faible teneur, en ce sucre, des miels courants. Un dosage concomitant de l'erlose pourrait être envisagé pour détecter une fraude (84).

L'addition de saccharose inverti chimiquement en milieu acide et donnant donc du glucose et du fructose est tentante. Mais cette réaction produit une grande quantité d'hydroxyméthylfurfural (HMF), qui limite l'addition non décelable à 1 à 2% de sucre du commerce (36).

Pour tenter d'éliminer ces inconvénients, des chercheurs roumains ont nourri des abeilles avec des sirops de sucre du commerce. Peu de temps après, le miel ainsi recueilli, a des caractères physico-chimiques et organoleptiques qui empêchent toute tromperie. De plus, même en Europe, la rentabilité de l'opération n'est pas évidente (53). Cependant, il ne faut pas négliger l'influence des nourrissements qu'effectue, à certaines périodes, l'apiculteur (28).

Le problème de la falsification des sucres du miel vient d'être relancé, ces dernières années, avec l'apparition de nouveaux produits de nourrissement dérivés du maïs : "le si-

rop d'isomérose". Ce sirop a la même composition en sucres principaux que le miel, sans présence d'HMF. Actuellement, l'adjonction ne peut pas être décelée par les techniques courantes d'analyse. Ziegler et coll. (100) ont cependant trouvé la parade en utilisant les isotopes stables, notamment du Carbone. Cette technique permettrait aussi de connaître l'origine géographique d'un miel. Avant toute application la recherche doit se poursuivre.

C - Acides

1 - Inventaire et données chiffrées

Le miel est une denrée acide et l'acide principal est l'acide gluconique. Les acides suivants ont été aussi identifiés avec certitude dans les miels : acide acétique, butyrique, citrique, formique (quantité très faible au contraire de ce que pensaient les auteurs du début du siècle), lactique, malique, oxalique, pyroglutamique, succinique. En tout, une trentaine d'acides sembleraient avoir été mis en évidence dans les miels mais au moyen de méthodes d'analyse qui ne sont pas à l'abri de toute critique (21) (91). Les acides principaux sont tous de force voisine (82).

Une partie de l'acidité du miel est dissimulée sous forme de lactones ; c'est ainsi que l'acide gluconique peut se cycliser sous forme de glucono-lactone.

L'acidité totale est donc la somme de l'acidité libre et de celle des lactones (voir les valeurs respectives moyennes planche n°3).

Le PH du miel, qui permet d'apprécier l'acidité potentielle, est voisin de 4 (voir planche n°3).

Le décret du 22 Juillet 1976 fixe à 40 meq/kg la teneur maximale en acidité libre d'un miel.

2 - Origine des acides

L'origine des acides dans le miel est double (16). Elle est botanique : acides présents dans le nectar et dans la sève transformée en miellat par les pucerons ; mais c'est surtout l'abeille qui intervient par addition d'acides et d'enzymes, comme la glucose-oxydase, producteurs d'acides.

Un miel mis en solution voit son acidité rapidement augmenter (82), en majorité grâce à l'action de la glucose-oxydase (95).

3 - Méthodes d'analyse.

S'effectuant après dilution du miel, les mesures d'acidité doivent être réalisées dans un temps limite (76).

Le pH se mesure dans une solution de miel à 10%.

Pour doser l'acidité libre, on établit la courbe de neutralisation par l'hydroxyde de sodium. Ensuite, dans la même solution, on verse en excès de l'hydroxyde de sodium qui révèle l'acidité due aux lactones, que dose en retour l'acide sulfurique (76) (82).

4 - Importance.

L'intérêt de l'étude détaillée de l'acidité d'un miel réside dans la possibilité d'identifier l'origine botanique.

D'une manière générale, les miels de nectar, qui ont un faible pH, montrent par contre une acidité totale très inférieure aux miels de miellat qui ont un pouvoir tampon beaucoup plus grand. Le pH est compris entre 3,3 et 4,0 pour les miels de nectar et entre 4,5 et 5,5 pour les miels de miellat. Pour chaque type de miel, il reste dans des limites significatives (6).

D'autre part, la valeur de la pente de la tangente tracée au point d'équivalence de la courbe de neutralisation reste pratiquement constante pour les miels de même origine botanique, même si l'origine géographique est différente (6).

D - Eléments minéraux.

1 - Inventaire et données chiffrées.

La teneur en éléments minéraux est faible. White et coll. (97) ont trouvé sur 490 miels de nectar un taux moyen de 0,169% (voir planche n° 3).

Le décret du 22 juillet 1976 fixe dans le cas général, comme limite maximale le taux de 0,6%. Pour le miel de miellat seul on en mélange avec le miel de nectar, elle est portée à 1%.

Jusqu'à présent, différents auteurs ont isolé à partir du miel une trentaine d'éléments minéraux, rapportés dans la planche n° 4 (59).

Planche n° 4.

Teneur en quelques éléments minéraux des miels
Distinction miels clairs - miels foncés

unité : ppm

Eléments	Miels clairs Moyenne	amplitude de la variation		Miels foncés Moyenne	amplitude de la variation	
Potassium (K)	205	100	- 588	1676	115	- 4733
Sodium (Na)	18	6	- 35	76	9	- 400
Calcium (Ca)	49	23	- 68	51	5	- 266
Magnésium (Mg)	19	11	- 56	35	7	- 126
Fer (Fe)	2,40	1,20	- 4,80	9,40	0,70	- 33,50
Cuivre (Cu)	0,29	0,14	- 0,70	0,56	0,56	- 1,04
Manganèse (Mn)	0,30	0,17	- 0,44	4,09	0,35	- 9,53
Chlore (Cl)	52	23	- 75	113	48	- 201
Phosphore (P)	35	23	- 50	47	27	- 58
Soufre (S)	58	36	- 108	100	56	- 126

D'après Schuette dans "Honey-a comprehensive survey" (21).

2 - Méthodes d'analyse.

La recherche dispose de très nombreuses méthodes d'analyse (21) (45) (59).

Dans la pratique on se contente de mesurer la teneur en cendres (76).

3 - Importance

a - Miel de nectar et miel de miellat.

Les miels de nectar, sous réserve d'une faible coloration, ont une teneur en cendres voisine de 0,17% ; à l'inverse, les miels de miellat ont un taux plus élevé : en moyenne 0,8% (45).

b - Coloration.

Comme le montre la planche n° 4, il existe une grande distinction entre les miels de couleur claire et ceux de couleur foncée.

c - Origine géographique.

Dans une plante, il existerait deux parties : une, indispensable à la survie du végétal et dans laquelle la concentration des éléments varie peu ; l'autre partie comprend les autres éléments qui ne semblent pas primordiaux et pour lesquels les distributions sont beaucoup plus larges (59). Il semble ainsi possible de préciser l'origine géographique d'un miel en identifiant et en dosant, avec précision, les éléments minéraux. Mais la technique, la radioactivation, employée par les deux auteurs français, Lascève et Gonnet (59), qui ont conduit ce travail, et, la nécessaire accumulation de données empêchent actuellement les applications pratiques.

E - Substances azotées.

1 - Inventaire et données chiffrées.

White et coll. (97) ont trouvé un taux moyen en azote de 0,041% (voir planche n° 3).

La presque totalité des matières azotées est précipitable par l'acide trichloracétique (53).

En appliquant à la teneur en azote le taux de conversion en protéines de 6,25, on obtient une teneur en protéines moyenne de 0,26%, d'après les chiffres de White et coll. (97). Mais cette transposition est loin de refléter la réalité (21).

Concernant les acides aminés, dont une grande partie sont libres, 18 auraient été isolés des miels (21) (57) (91). Mais les analyses étant délicates, les résultats sont entachés d'un certain doute concernant quelques acides aminés.

Une partie des protéines du miel est sous forme colloïdale (65).

2 - Origine des substances azotées.

Des auteurs ont remarqué que la teneur en azote varie dans une certaine mesure avec la teneur en pollen (16)(18). Cependant la protéine du miel de Callune n'est pas contenue dans le pollen (16).

White et Kushnir (1967) (21) ont mis en évidence, dans la fraction protéique de 11 miels de nectar, 7 protéines, dont 4 avaient pour origine l'abeille.

3 - Importance.

a - Miel de nectar et miel de miellat.

En général. après action de l'acide trichloracétique, le taux de précipité est compris pour les miels de nectar entre 0,2 et 0,3%, contre 0,3 à 0.5% pour les miels de miellat (53).

b - Influence de l'apiculteur.

La teneur en substances azotées dépend de la quantité d'impuretés, donc surtout de la qualité de l'extraction.

F - Vitamines et enzymes.

1 - Vitamines

La présence en est toute théorique. Il existe de nombreuses contradictions entre les différents auteurs (16).

Il semble que, à l'heure actuelle, les vitamines liposolubles n'aient jamais été rencontrées dans les miels. Ont été identifiées les vitamines : B1 ou thiamine (0,055 mg/kg), B2 ou riboflavine (0,61 mg/kg), B5 ou acide pantothénique (1,05 mg/kg), B6 ou pyridoxine (2,99 mg/kg), PP ou acide nicotinique (3.6 mg/kg) et C ou acide ascorbique (24,0 mg/kg) mais la présence de cette dernière dans les miels est discutée, car elle n'est présente, en quantité importante, que dans le miel de Mentha aquatica (16). Les vitamines sont liées au pollen, comme le montre une filtration poussée (16).

En conclusion, le diététicien retiendra qu'un miel est très pauvre en vitamines.

2 - Enzymes

a - Inventaire.

Les plus importantes sont l'invertase ou saccharose hydrolase, l'amylase et la glucose-oxydase que nous étudierons avec le pouvoir antibactérien du miel.

La présence de la catalase, après avoir été longtemps discutée, semble être définitivement acquise ; elle joue aussi un rôle dans le pouvoir antibactérien du miel (21).

Une phosphatase acide a aussi été mise en évidence et étudiée (21). De nombreux autres enzymes sont présents dans les miels (16)(21).

b - Origine

L'origine de l'amylase est animale. En effet, l'addition de chlorure de sodium, aussi bien pour les miels de miellat que de nectar, augmente son activité. Or, le chlorure de sodium n'active pas une amylase d'origine végétale (52).

La glucose-oxydase provient des glandes hypopharyngiennes de l'abeille.

L'invertase est issue, dans sa presque totalité, de l'abeille et très peu du nectar.

La phosphatase acide est d'origine botanique (21).

Enfin, quelques enzymes mineurs, renfermés dans les miels, trouvent sûrement leur origine dans les grains de pollen et les levures (21).

c - Méthodes d'analyse

1°- Amylase.

L'activité de l'amylase est appréciée selon la méthode de Schade, Marsh et Eckert (1958). Les résultats sont exprimés en nombre de ml d'une solution d'amidon à 1% hydrolysée en une heure par un gramme de miel (76).

D'autres méthodes de dosage de l'amylase ont été mises au point (52) (95).

2°- Invertase.

Son dosage fait appel à la méthode de Gontarski (1957) qui a adapté une microméthode de dosage du glucose. Les résultats sont exprimés en mg de saccharose intervertis en deux heures par l'invertase contenue dans 50 mg de miel (47).

d - Importance

On s'attache à la mesure de l'amylase car cet enzyme est thermorésistant. Une baisse de sa teneur montre que les autres enzymes ont été été plus ou moins détruits.

Mais,suivant les miels, il existe de grandes variations dans la teneur des enzymes. Ainsi, le miel d'Oranger est très pauvre alors que c'est le contraire pour les miels de miellat (95). La faible teneur en enzymes de certains miels s'explique par une miellée massive (52). Peut être il s'y ajoute aussi, le mauvais état des abeilles : les miels de Lavandin seraient récoltés en France par des abeilles carencées en pollen (53).

e - Décret du 22 juillet 1976.

Dans le cas général, l'indice diastasique des miels (c'est-à-dire la teneur en amylase) ne doit pas être inférieur à 8 sur l'échelle de Schade, Marsh et Eckert . Pour les miels ayant une faible teneur naturelle en enzymes (par exemple les miels d'agrumes) la limite inférieure est abaissée à 3, mais sous réserve d'une teneur en hydroxyméthylfurfural (HMF) non supérieure à 15 mg/kg.

G - Constituants divers.

Dans ce paragraphe nous avons rassemblé l'étude des substances aromatiques, des constituants non solubles et des diverses autres substances contenues dans les miels.

1 - Substances aromatiques.

De très nombreux constituants du miel sont responsables de la flaveur. Nous n'envisageons ici que les substances volatiles.

Les premières identifiées furent, vers les années 1930, le diacétyl et, dans le miel d'Oranger, l'anthranylate de méthyle (16). Il est utile de remarquer que des alcools supérieurs comme le mannitol et le sorbitol (provenant de la réduction du fructose) sont parfois présents en grande quantité dans certains miellats et les font refuser par les abeilles (18).

Mais, les découvertes les plus intéressantes concernant les substances aromatiques ont été faites par Cremer et Riedmann, en 1964 et 1965, qui utilisèrent la chromatographie en phase gazeuse (21). De divers miels, ils ont isolé 50 substances dont seulement 26 ont pu être identifiées. Ces dernières sont principalement des alcools aliphatiques, des aldéhydes et des cétones.

2 - Constituants non solubles dans le miel.

a - Inventaire.

Ce sont d'abord tous les constituants figurés et les éléments minéraux sous forme de cristaux, que nous envisagerons ci-après.

Les constituants non solubles comprennent aussi les substances sous forme colloïdale. Les miels ont une teneur en colloïde qui est généralement comprise entre 0,1 et 1 %. Une grande partie de ces colloïdes sont des protéines. Les autres substances colloïdales sont des polysaccharides, des pigments, des substances cireuses... (65).

b - Remarque sur les matières insolubles dans l'eau définies par le décret du 22 juillet 1976.

L'arrêté du 15 Février 1977 concernant : "Les méthodes officielles d'analyse du miel" (76), définit les matières insolubles dans l'eau comme "la quantité qui est retenue après filtration, sur membrane d'ester de cellulose d'un diamètre de pores de 5 microns, d'une solution de miel au préalablement portée à un pH compris entre 7 et 9 afin de solubiliser les protéines sous forme colloïdale".

Le décret du 22 juillet 1976 fixe la teneur maximale en matières insolubles dans l'eau, dans le cas général, à 0,1 %. Pour le miel pressé, la limite maximale est portée à 0,5 %.

3 - Autres substances.

Les composés qui sont à l'origine de la couleur du miel n'ont pas fait encore l'objet d'études très poussées. Le carotène a notamment été décelé dans plusieurs miels (21).

Certains lipides (glycérides, stérols, phospholipides) ont été identifiés dans des miels de Coton. Leur présence dans les autres miels est hypothétique ; dans l'affirmative, les lipides mis en évidence pourraient avoir pour origine la cire (21).

En 1950, Neumann et Habermann mettent en évidence un effet cholinergique du miel, l'activité de ou des substances à l'origine correspond à 0,2 à 2,5 µg d'acétyl-choline par gramme de miel. Depuis, il a été établi que les miels contiennent bien de l'acétyl-choline, sécrétée par l'abeille (21).

Les miels renferment aussi de l'hydroxyméthylfurfural (voir ci-dessous).

H - Le problème soulevé par l'HMF.

Ce composé est très important pour l'hygiéniste européen qui s'occupe de miel et son dosage est de pratique courante.

1 - Caractères chimiques.

La dégradation thermique des hexoses en présence d'acides donne naissance à l'hydroxyméthyl 5 furfural ou HMF. Ce composé se forme principalement à partir du fructose qui résiste moins que le glucose à l'action conjuguée des acides organiques et de la chaleur (40).

L'HMF, en se combinant avec les acides aminés, aboutit à la formation de complexes colorés. C'est un produit intermédiaire des réactions de Maillard (36).

2 - Méthodes d'analyse.

Des méthodes très précises existent pour doser l'HMF, notamment dans les boissons industrielles. Pour le miel, diverses réactions d'identification et des principes de dosage ont été proposés ou adaptés (36).

La réaction de Fieshe (1908), qui se caractérise par l'apparition d'une coloration rouge que donne l'HMF en présence de résorcine et d'acide chlorhydrique, a beaucoup été employée et améliorée par différents auteurs, car elle permet aussi un dosage quantitatif (36). Actuellement, on préfère le dosage à l'acide barbiturique ou réaction de Winkler (40), qui est la méthode retenue pour les dosages officiels (76).

3 - Variations de la teneur.

Au moment de la récolte, le miel ne contient qu'une très faible quantité d'HMF, de l'ordre de quelques mg par kg, et généralement non décelable par l'analyse courante.

Deux facteurs, principalement, provoquent l'augmentation du taux d'HMF. Ce sont le chauffage et le vieillissement que nous étudierons dans la partie traitant des problèmes hygiéniques posés par la consommation du miel.

La présence en grande quantité d'HMF est aussi observée lors d'adjonction de sucre du commerce interverti par voie chimique. C'est ainsi que l'addition à un miel de 3 % d'une solution aqueuse contenant 72 % de sucre du commerce ayant subi une hydrolyse citrique porte le taux d'HMF du mélange à 80 mg/kg. Par comparaison, un taux analogue est observé, dans un miel, après chauffage à 80°C durant quatre heures ; il en résulte une forte augmentation de la coloration et une perte très nette des qualités organoleptiques (36). Actuellement, grâce aux méthodes de dosage fiables de l'HMF, cette fraude est devenue très rare (40).

4 - Importance de la présence d'HMF et décret du 22 Juillet 1976.

L'HMF n'est pas réputé toxique pour l'Homme (40). Il l'est cependant pour l'abeille (53).

L'HMF constitue un témoin d'altération. Il appartient aux nombreuses réactions de dégradation du miel qui aboutissent à une augmentation de coloration et à une diminution des qualités organoleptiques. Ces réactions sont favorisées par le chauffage et le vieillissement.

Aussi, la législation européenne accorde-t-elle une grande importance au dosage de l'HMF dans le miel. Le décret du 22 juillet 1976 fixe comme limite maximale un taux de 40 mg/Kg et ceci dans le cas général ; la limite supérieure est en effet abaissée à 15 mg/kg pour les miels ayant une faible teneur naturelle en enzymes.

III - EXAMEN MICROSCOPIQUE : L'ANALYSE POLLINIQUE.-

A - Remarques préliminaires.

L'examen microscopique du miel permet de révéler l'existence des nombreux constituants figurés du miel. Ce sont notamment les grains de pollen, les levures, les spores de champignons, des bactéries, des algues, mais aussi des particules de cire, de propolis, des débris d'insectes (abeilles, papillons etc...), des poussières (d'origine atmosphérique, et des particules de suie provenant de l'enfumoir de l'apiculteur).. Parmi les nombreux constituants précités, beaucoup sont considérés comme des impuretés même s'ils sont fréquemment rencontrés.

Certains miels contiennent naturellement des éléments minéraux (calcium en particulier) qui se présentent sous la forme de cristaux. Ainsi, l'examen microscopique des miels de Châtaignier met en évidence des microcristaux de sels de calcium (43), et les miels de Tilleul des macles d'oxalate de calcium (23)....

Mais l'objet principal de l'examen microscopique du miel est l'étude du pollen ou mélisso-palynologie . Cette science est basée sur un fait d'observation très simple, caractérisé par le fait que tous les miels renferment du pollen (16). Les principaux travaux de ces vingt dernières années sont ceux de Maurizio en Suisse et de Louveaux en France.

B - Origines du pollen dans le miel.

1 - Principales.

a - Miel de nectar.

Avant même le butinage par l'abeille et, lorsque leur conformation le permet, certaines fleurs, possèdent un nectar qui contient quelques grains de pollen échappés des anthères (16).

De plus, comme l'abeille secoue les pièces florales lorsqu'elle pénètre dans la fleur, on comprend qu'un peu de pollen se retrouve dans les gouttelettes de nectar (16).

b - Miel de miellat.

L'origine est différente car le miellat est une excrétion animale élaborée à partir de la sève.

Sur le miellat en voie de dessiccation se fixent, d'une part diverses particules atmosphériques, et parmi celles-ci des grains de pollen des plantes anémophiles, d'autre part, les végétaux inférieurs, champignons, algues, généralement retrouvés à la surface des arbres.

2 - Accessoires.

Comme l'ont montré diverses expériences, d'autres causes permettent d'expliquer la présence du pollen dans le miel (16). En effet, le pollen est présent dans la ruche, d'abord dans les cellules à pollen à proximité du couvain et ensuite sur les abeilles. De plus, lors de l'extraction du miel, l'apiculteur désopercule fréquemment quelques cellules à pollen ; mais celui-ci se présente sous la forme de petites pelotes qui remontent à la surface lors de la décantation et sont, de ce fait, facilement éliminées (35).

C - Méthode de l'étude pollinique du miel.

L'étude pollinique d'un miel nécessite de respecter trois points essentiels. D'abord, il faut reconnaître les différents pollens susceptibles d'être rencontrés. Ensuite, il est nécessaire de confectionner et de lire correctement les préparations microscopiques. Enfin, il est utile de pouvoir apprécier

la quantité de pollen contenue dans le miel.

1 - Etude des différents pollens.

a - Préparations microscopiques de référence.

Ces préparations sont confectionnées selon une méthode standard établie par la Commission Internationale de Botanique Apicole (19). Les pollens, prélevés à partir des anthères des fleurs, sont inclus dans de la glycérine gélatinée et l'ensemble, placé entre lame et lamelle, est luté.

On peut colorer les préparations ce qui permet, chez certains pollens, d'identifier les sillons. Mais c'est une opération très délicate qui fait perdre la coloration naturelle (16).

La conservation des préparations n'excède pas cinq à dix ans.

b - Description des grains de pollen.

La description du grain de pollen s'effectue selon la méthode utilisée en palynologie descriptive ; elle est généralement complétée, en mélisso-palynologie, par des données relatives à l'intine, au cytoplasme et à la coloration naturelle du pollen (16) (75).

La réalisation de dessins (palynogrammes) et de photographies (3) aide souvent à une meilleure description du grain de pollen.

2 - Examen microscopique du miel.

a - Confection des préparations.

Codifiée aussi par la Commission Internationale de Botanique Apicole, la technique fait appel à une dilution, qui diminue la viscosité du miel, et à une centrifugation (19).

Une étude statistique a permis d'établir que le nombre des espèces rencontrées est maximum lorsque l'on confectionne la préparation à partir d'un échantillon de quinze grammes de miel (96).

La coloration est possible mais elle est justiciable des mêmes remarques précédentes. Les préparations sont souvent peu claires ; aussi utilise-t-on, en fonction des miels, diverses techniques comme, par exemple, la filtration et la centrifugation dans l'eau acidulée (16).

b - Lecture des préparations.

La lecture des préparations se déroule en deux temps et permet d'établir le spectre pollinique (16). Au cours du premier temps, qui correspond à l'identification, toutes les espèces rencontrées sont relevées. Ensuite, lors du deuxième temps, qui est le dénombrement des espèces considérées, tous les champs observés sont épuisés. Il est nécessaire d'atteindre, au minimum, le millier de grains. Ce chiffre, imposé par le manque d'homogénéité des préparations, permet de réduire la marge d'erreur, lors du comptage d'une espèce, à 6 ou 7 % (96).

Mais, pour augmenter la précision, de nombreuses recherches sont encore à effectuer au laboratoire (16).

3 - Teneur en pollen du miel.

Pour cela on utilise, soit le volume du culot de centrifugation, soit le nombre de grains de pollen. La deuxième méthode est la plus employée et elle s'inspire, directement, de l'hématologie (16).

D - Etude des miels de nectar.

1 - Teneur en pollen d'un miel.

La majorité des miels extraits des rayons dans des conditions normales, possèdent entre 0,15 et 0,45 mm3 de pollen par gramme ; cela correspond à des valeurs de 2.000 à 10.000 grains de pollen par gramme, les variations s'expliquent par la taille différente des grains, la majorité étant comprise entre 10 μ et 60 μ (6) (16).

2 - Les variations du spectre pollinique.

Le miel est un mélange élaboré à partir des nectars de différentes plantes, dont une ou plusieurs dominent. Mais de grands écarts existent dans la teneur en pollen entre les divers nectars. Aussi, il n'existe pas un rapport de proportionnalité valable pour tous les miels, entre le nombre de grains de pollen d'une plante et la quantité de miel provenant de cette même espèce végétale.

De plus, l'abeille intervient en uniformisant dans son jabot le taux de pollen des nectars. Et comme nous l'avons exposé dans la partie traitant de l'origine du pollen du miel, de nombreux autres facteurs, pas toujours bien connus, peuvent agir sur la richesse du miel en différents pollens.

3 - Etude des miels unifloraux.

Elle avait suscité de gros espoirs, en permettant de

mieux interpréter les spectres polliniques.

On peut étudier les miels unifloraux expérimentaux obtenus lorsque les abeilles, placées dans de grandes cages, n'ont que l'unique plante envisagée à leur disposition (24). Ils restent, actuellement, beaucoup trop artificiels.

Les miels unifloraux naturels permettent d'apprécier le rapport de proportionnalité, entre le taux de pollen et la quantité de nectar d'une même plante, d'une manière plus réaliste mais moins précise (16). Néanmoins, la concordance est bonne entre ces deux moyens d'étude (73).

E - Interprétation du spectre pollinique.

1 - Détermination de l'origine botanique.

Il est utopique de donner des résultats précis concernant un miel multifloral ou un mélange de miels au moyen du seul spectre pollinique. Ce, même, si pour chaque type de pollen, est appliqué un coefficient de proportionnalité entre la quantité de pollen et la quantité de nectar récoltée sur la plante, ce coefficient étant calculé pour chaque miel unifloral.

Néanmoins, l'analyse pollinique est suffisante dans les contrôles courants des miels du commerce pour déjouer les fraudes banales. Il est nécessaire, cependant, de respecter certains points (16) :

- avoir une très bonne connaissance des différents miels et une grande expérience.
- ne travailler que sur des miels connus et habituels.
- se servir des renseignements apportés par les autres analyses : physiques, chimiques, et organoleptiques.

2 - Détermination de l'origine géographique.

On peut se contenter, sur le plan quantitatif (dénombrement des grains de pollen), d'une estimation. Ce qui est recherché c'est l'identification d'espèces, au biotope suffisamment connu et délimité, pour y pouvoir rapporter le lieu de provenance du miel. Une grande connaissance des flores locales et des miels qui y correspondent est donc nécessaire pour y rattacher l'origine du miel analysé. C'est seulement à cette condition que la conclusion pourra être très fine. Les résultats, dans l'ensemble, sont plus précis que lors de la détermination de l'origine botanique.

Là aussi, l'absence d'un regroupement, au niveau mondial,

de l'ensemble des connaissances acquises sur les miels, sous la forme d'une banque de données, se fait cruellement sentir (16).

F - Etude microscopique des miels de miellat.

L'examen microscopique d'un miel de miellat révèle des grains de pollen de plantes anémophiles. Fréquemment, ce sont des graminées des genres Rumex et Plantago, en quantités variables (16).

Des algues vertes sont aussi présentes. Leur nombre est rarement supérieur à 4.000 à 5.000 par gramme de miellat. En Europe, elles sont rares dans les miellats méditerrannéens, mais présentes dans ceux du Nord. Elles appartiennent à des genres banaux rencontrés sur toutes les écorces des arbres. Certaines sont saccharophiles : comme celles du genre Cystococcus, par exemple (16).

Mais ce sont les spores de champignons qui sont numériquement les plus importantes. Dans les miels de miellat de feuillus, on en compte de 10.000 à 20.000 par gramme contre moins de 10.000 pour ceux de Conifères. Elles sont aussi présentes dans les miels de nectar. De nombreuses espèces sont rencontrées et souvent elles sont caractéristiques de l'arbre sur lequel s'est fait la récolte de miellat. Les plus intéressantes, pour l'étude des miels, sont les spores du groupe des fumagines qui sont saccharophiles et donc liées à la présence de miellat (16).

IV - ANALYSE ORGANOLEPTIQUE.-

L'analyse sensorielle ou organoleptique d'un produit alimentaire fait appel au goût, à l'odorat, à la vue et, accessoirement, au toucher. Pour exprimer les résultats, il est nécessaire de codifier les sensations et d'utiliser un langage commun.

Pour le miel une tentative a été faite en 1962 par Le Magnen (62). Les principaux termes du vocabulaire technique sont par ordre alphabétique :

- aromatique : l'expression "miel clair aromatique" qualifie les miels provenant généralement de plantes mellifères riches en essences et surtout de Labiées (Lavande, Romarin) de Borraginacées (Vipérine), d'Aurantiacées (Oranger).

- chou : goût défectueux fréquemment retrouvé dans les miels de crucifères.

- clair : qualifie les miels de goût relativement

neutre et peu parfumé. On range dans cette catégorie la plupart des miels de Papillonacées.

- corsé, fort ou foncé : ce terme qualifie la teinte mais aussi la flaveur de miels tels ceux de Bruyère, de Sarrazin, de Châtaignier etc... Chacun de ces miels a un goût suffisamment spécial pour qu'on le distingue nettement à la dégustation. D'une manière générale, ces miels ont un caractère régional et ne sont vraiment appréciés que des consommateurs locaux.

- fermenté : saveur d'un miel ayant subi un début de fermentation.

- fumée : flaveur parasite de certains miels due à une manipulation maladroite de l'apiculteur.

- teinté : qualifie la couleur mais aussi, et curieusement, la flaveur mal définissable de certains miels. Il s'agit de miels multifloraux communément appelés "toutes fleurs".

Actuellement, l'analyse sensorielle du miel se limite à l'utilisation du goût et de l'odeur.

Avec l'apparition prochaine, en France, des appellations contrôlées en matière de miel (55), quelques auteurs, dont Gonnet (M), essayent de promouvoir l'analyse organoleptique des miels (88).

Gonnet (P.J.) est l'auteur d'un ouvrage remarquable et complet intitulé : "Le miel : parfum, saveur, arôme" (49). Malheureusement,un manque de rationnalisation allié à une certaine poésie en limite l'utilisation des résultats.

T R O I S I E M E C H A P I T R E

*

PROPRIETES BIOLOGIQUES DU MIEL

-o-o-o-o-o-o-o-

Il est difficile de présenter une synthèse cohérente de toutes les actions du miel dans le règne animal et le règne végétal et qui paraissent avoir été identifiées à ce jour. Comme nous l'avons vu, le miel est un produit chimiquement très complexe. Chaque composé a potentiellement une action biologique quelconque.

Nous exposerons d'abord les actions phytoinhibitrices et antibactériennes du miel ; suivra, ensuite, un résumé des principales propriétés nutritives et thérapeutiques du miel chez l'Homme.

I - PROPRIETES PHYTOINHIBITRICES ET ANTIBACTERIENNES.-

A - Propriétés phytoinhibitrices.

De nombreux travaux montrent que certains extraits de substances végétales ou animales provoquent des phytoinhibitions. Ainsi par exemple, la salive humaine contient un inhibiteur de la germination végétale (38).

Quelques auteurs ont reconnu des propriétés phytoinhibitrices au miel. Gonnet (1966) (38), en étudiant l'action du miel sur Lactuca sativa montre qu'il s'agit en fait d'une inhibition de croissance végétale et non pas d'une inhibition de germination "sensu stricto", comme il avait été écrit jusque là. Gonnet, pour quantifier cette action phytoinhibitrice, a mis au point un test biologique qui fait appel à Lactuca sativa (longueur de tige et longueur de radicule) (38).

Le même auteur a montré, en 1969 (39), que les substances phytoinhibitrices extraites des miels de Lavande sont d'origine végétale. Il ne faut pas, cependant, généraliser à l'ensemble des miels car l'abeille sécrète parfois quelques substances à action phytoinhibitrice (38).

B - Propriétés antibactériennes.

1 - Historique.

Dold, Du et Dziao furent les premiers en 1937 (21) à étudier le pouvoir antibactérien du miel qu'ils attribuèrent à une substance baptisée "inhibine".

Des américains, White et coll., montrent, en 1961 (21), que l'action de l'inhibine est due à la production enzymatique de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2).

En France, Lavie, étudiant entre 1960 et 1963 (16) le pouvoir antibactérien de l'abeille et de ses produits, montre, qu'à côté de l'inhibine, il existe une ou plusieurs autres substances, non identifiées, aux propriétés antibactériennes.

2 - Méthodes de mesure de l'activité antibactérienne des miels.

a - Méthode de Dold et Witzenhausen (1955).

Légèrement modifiée par Schade et coll., puis par Lavie et Gonnet (1960) (46), elle a été retenue en France comme méthode officielle (76).

C'est un test microbiologique très simple. Il est basé sur l'étude de la croissance d'un germe (Bacillus subtilis souche Caron) sur un milieu gélosé contenant un certain pourcentage de miel. L'activité antibactérienne est notée de 0 à 5 suivant le protocole ci-après :

- inhibition avec 5 % de miel dans le milieu 5
- pas d'inhibition avec 5 % mais inhibition avec 10 % 4
- pas d'inhibition avec 10 % mais inhibition avec 15 % 3
- pas d'inhibition avec 15 % mais inhibition avec 20 % 2
- pas d'inhibition avec 20 % mais inhibition avec 25 % 1
- pas d'inhibition même avec 25 % 0

On peut atteindre une précision de 0,25 entre ces notes en appréciant le développement bactérien.

b - Dosage du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2).

White a montré que l'inhibine correspond à la quantité de peroxyde d'hydrogène accumulée dans le miel. Après l'avoir dosé il a établi la correspondance avec le test ci-avant comme suit :

Note sur l'échelle de Dold et Witzenhausen	Teneur en H2O2 correspondante
0	Inférieur à 3,4
1	3,4 à 8,7
2	8,8 à 20,5
3	20,6 à 54,5
4	54,6 à 174
5	Supérieur à 174

La teneur en H2O2 est en fait la production d'H2O2 en µg par g de miel pendant une heure.

c - Dosage selon la technique de Garrod.

Chambonnaud (1968) (15), dans son étude des résidus d'antibiotiques dans le miel, a employé la technique de Garrod, basée sur la diffusion en gélose, pour quantifier le pouvoir antibactérien du miel.

Il établit, entre autre, que ce pouvoir antibactérien du miel correspond à celui d'une solution de chlorhydrate de tétracycline de 25 à 50 µg/ml.

3 - Caractéristiques des propriétés antibactériennes du miel.

Il est définitivement établi que l'acidité et la haute concentration en sucres n'ont aucun rôle dans le pouvoir antibactérien du miel (21). Toutefois, à côté du pouvoir antibactérien, le miel possède vis-à-vis des bactéries une action modificatrice qui se caractérise par une entrave à la croissance normale des germes sans bactériostase ou bactéricidie. Ce pouvoir est dû au mélange de sucres (15).

a - Inhibine.

White et coll. (21) ont montré que la production de peroxyde d'hydrogène (H2O2) est le résultat d'une réaction enzymatique. En effet, la glucose-oxydase catalyse dans le miel l'oxydation du glucose suivant la réaction :

$$\text{Glucose} + O_2 \xrightarrow{\text{glucose-oxydase}} \text{gluconolactone} + H_2O_2$$

$$\text{gluconolactone} \rightleftarrows \text{acide gluconique}$$

De plus, ils établissent que la dilution du miel augmente considérablement la production d'H2O2. Le miel entier est très pauvre en eau oxygénée : 0,3 µg/g soit une production horaire de 0,002 µg/g. Par contre, dans le miel dilué, le taux de production est multiplié par 2500 à 50.000 soit une production horaire de 5 à 100 µg/g.

Mais il y a une rapide disparition du pouvoir antibactérien des solutions de miel. Le miel entier conserve son potentiel de production de peroxyde d'hydrogène alors que, dilué, il s'épuise très rapidement lors de cette production intense.

Cette accumulation en peroxyde d'hydrogène n'est pas en rapport direct avec la teneur en glucose-oxydase mais avec la différence entre la production d'H2O2 et sa destruction par les composants variés du miel, notamment un enzyme : la catalase. Ainsi s'expliquent, en partie, les différences d'effets, observés d'un miel à l'autre. Trois facteurs semblent intervenir dans la valeur de l'inhibine du miel :

- sa teneur en glucose-oxydase.
- son pH agissant sur la réaction enzymatique productrice de peroxyde.
- sa teneur en composés mineurs oxydables par le peroxyde libéré et qui le décomposent donc.

Dans l'ensemble, la lumière détruit la glucose-oxydase : les radiations comprises entre 425 et 525 nm semblent les plus efficaces. Concernant le chauffage, White et coll. ont montré que la demi-vie du système enzymatique producteur de peroxyde entre 55°C et 70°C est fonction du logarithme de la température.

En 1961, Adcock (16) montre que l'action de la catalase diminue ou détruit le pouvoir antibactérien du miel. Certains miels, avec cependant une teneur nulle en peroxyde d'hydrogène, restent encore très actifs après action de la catalase. Ainsi, contrairement à ce que pensait White, l'expérience ci-dessus et d'autres ont établi que le pouvoir antibactérien du miel n'est pas entièrement dû à la production de peroxyde d'hydrogène (16).

b - Autres facteurs antibactériens.

Lavie (16), en utilisant la méthode de Dold et Witzenhausen, étudie différents extraits et arrive à la conclusion qu'à côté de l'inhibine il existe un groupe de facteurs antibactériens (une ou plusieurs substances voisines) photolabiles mais relativement thermostables (pas de destruction à 80°C pendant 30 minutes). Ces facteurs sont extractibles par l'alcool à chaud, l'acétone à froid et l'éther à froid. Leur

conservation, dans l'acétone et au réfrigérateur, dépasse deux ans.

Chambonnaud a montré que ces substances antibactériennes n'entrent en définitive que pour une faible part dans l'effet antibactérien global (15).

II - PROPRIETES NUTRITIVES ET THERAPEUTIQUES DU MIEL CHEZ L'HOMME.-

A - Les problèmes soulevés par cette étude.

1 - Une tradition empirique trop lourde.

Quels sont les maux pour lesquels le miel n'a pas été utilisé comme moyen thérapeutique ?

Pour s'en persuader, il suffit de lire certains articles de la presse non scientifique, même très récents, basés sur l'importante teneur en vitamines du miel !

Actuellement encore, de nombreuses expérimentations, qui se veulent scientifiques, sont loin d'être rationnelles et font beaucoup trop appel à la passion. Pour nombre de travaux, l'expérimentation repose sur l'auteur lui-même et lui seul.

Une démarche par trop classique, lorsque l'on veut montrer un effet thérapeutique particulier, consiste à chercher dans l'antiquité un grand médecin (Hippocrate, Pline l'Ancien, Avicenne...) qui utilisait le miel dans cette indication ou une indication voisine. Ensuite, il suffit de transposer aux temps actuels en tenant le raisonnement suivant : le fait que le miel était employé pour un certain usage démontre son efficacité pour cet usage (21). Au besoin, deux ou trois souris, viendront étayer les assertions de l'auteur !

2 - Les conditions nécessaires à la bonne compréhension des actions du miel chez l'Homme.

a - Etude des différents miels et de la biologie de l'abeille.

Le miel, comme tout produit biologique complexe, présente de grandes variabilités dans sa composition, surtout pour les substances pondéralement faibles, lesquelles semblent à l'origine d'une grande partie des propriétés thérapeutiques. Aussi, de nombreux travaux sont quasi inutilisables du seul fait que l'origine du miel ayant fait l'objet de l'étude était inconnue (17). Néanmoins, de grands progrès seraient faits si les recherches cliniques distinguaient au moins les miels de

miellat, des miels de nectar (17). En effet, la majorité des actions thérapeutiques semblent plus importantes pour les miellats (18).

Une meilleure connaissance de la biologie de l'abeille est tout aussi importante. Ainsi, l'étude d'un sirop de sucre donné en nourrissement à des abeilles puis prélevé lorsqu'il est entreposé dans les rayons et redonné à nouveau en nourrissement, et cela plusieurs fois, montre qu'il y a un enrichissement en diverses substances. Le pouvoir antibactérien augmente à chaque passage, de même il y a incorporation d'acétyl-choline... (16).

b - Nécessité d'expérimentations médicales rigoureuses.

Outre la connaissance aussi précise que possible des caractéristiques physico-chimiques et polliniques des miels employés, il apparaît indispensable de recourir, au cours des expérimentations cliniques, même chez les enfants, à l'usage du placébo.

En considérant les caractères organoleptiques, il est très difficile de fabriquer un placébo en matière de miel. Le seul moyen est d'enfermer le miel et le placébo dans des capsules qui ne s'ouvrent que dans l'estomac. Les expériences faites avec cette technique sont inexistantes (90).

c - Etude chimique très fine des constituants mineurs du miel.

Toutes les actions du miel sur l'organisme humain sont d'une faible intensité ; et de plus, en considérant la très grande variabilité, tant qualitative que quantitative, des constituants mineurs, il apparaît que les seules expérimentations médicales cliniques n'apportent pas de solutions très précises aux problèmes posés. Il est très probable, que dans les prochaines années, les résultats les plus intéressants seront issus de la collaboration entre la biochimie et la pharmacodynamie (21).

3 - Les problèmes bibliographiques.

Il existe plus de 2.000 références bibliographiques concernant les propriétés biologiques du miel (21). Les travaux les plus intéressants et les plus rigoureux sont l'oeuvre des écoles Allemandes, Autrichiennes, Suisses et Américaines. Ils ont été effectués entre les années 1940 et 1950. Depuis une dizaine d'années, l'essentiel des publications vient des pays de l'Europe de l'Est : Roumanie et URSS principalement.

Nous avons largement emprunté à la synthèse bibliogra-

phique, se rapportant aux actions physiologiques et thérapeutiques du miel, qu'a effectué Chauvin en 1968 (16). Pour toutes les raisons précédemment exposées le même auteur a regretté, plus tard, la publication de cette recherche bibliographique (90). Les autres articles et ouvrages consultés nous ont paru très critiquables.

Il serait préférable de limiter les indications diététiques et thérapeutiques du miel à des cas bien précis et dont l'efficacité serait reconnue par la grande majorité du corps médical. De plus, les autres produits utilisés en apithérapie : pollen, propolis, gelée royale, venin, semblent plus efficaces pour certains usages diététiques et thérapeutiques dans lesquels on préconise le miel (16) (17) (25) (26) (79).

La compréhension pharmacodynamique des actions a un peu guidé la rédaction de notre synthèse bibliographique que nous savons incomplète. De nombreux articles et ouvrages n'ont pas fait le même choix (2) (9) (27).

B - Principales actions du miel sur l'organisme humain.

1 - Rappels physiologiques sur le métabolisme des sucres.

Après ingestion, le glucose passe très rapidement dans le sang ; mais, pour être utilisé par les tissus, l'intervention de l'insuline est nécessaire.

Pour le fructose, l'absorption est différente. Chez l'Homme, seulement 90 % passe dans le sang comme le glucose. Les 10 % restant sont transformés dans la cellule intestinale en glucose. Arrivé au niveau du foie, le fructose sera transformé, selon deux voies métaboliques. La principale, par l'intermédiaire du cycle de Krebs, aboutit à la formation de lipides. La seconde, accessoire, permet la formation de glycogène et de glucose par l'intermédiaire du fructose 6 P (64).

2 - Intolérances au miel.

Divers auteurs signalent des consommations de miel pouvant atteindre 500 g par jour (16). Il ne paraît pas y avoir d'intolérance quantitative à la consommation de miel, du moins, pas de conséquences à court terme.

Par contre, ont été mises en évidence des intolérances de nature allergique chez certains consommateurs qui présentaient de l'urticaire, des courbatures... On a remarqué, que ces personnes étaient très sensibles au venin d'abeille (16).

Par la suite, des travaux américains ont montré, que chez certaines personnes, les phénomènes allergiques observés après ingestion de miel étaient dus aux grains de pollen de Composées (communication de Bousquet au 3ème Congrès National de l'Apiculture Française - Bordeaux - Septembre 1980).

3 - Action sur le métabolisme général.

Le miel, solution concentrée de glucose et de fructose, est très dynamogénique. Ce terme imprécis signifie, simplement, qu'il y a fourniture d'énergie, rapidement utilisable par l'organisme, grâce à un pic hyperglycémique et une charge en glycogène musculaire et hépatique (64).

4 - Actions sur l'intestin.

a - Propriété apéritive.

Une action légèrement apéritive a été avancée par de nombreux auteurs. Les acides organiques et les diverses essences contenus dans le miel en seraient la cause (16).

b - Propriété laxative.

Le miel est un laxatif doux par action mécanique et osmotique. Il s'y ajouterait un effet catharrhal dû à l'action d'un glucoside anthracénique qui se transformerait dans l'intestin en oxyméthylanthraquinone (16).

c - Les divers enzymes sont-ils actifs dans l'intestin ?

Les enzymes contenus dans le miel ne seraient pas tous détruits dans l'estomac. Cela s'expliquerait par la formation d'un complexe entre les enzymes et les tannins abondants dans certains miels, complexe qui éviterait l'inactivation enzymatique (16).

Si tel était le cas leur intervention dans la digestion est négligeable, la plupart des enzymes concernés étant élaborés par l'organisme en grande quantité.

d - Propriété antibactérienne.

Pour de nombreux auteurs l'activité antibactérienne du miel, mise en évidence in vitro, s'exercerait pleinement in vivo au niveau de l'intestin. Comme nous l'avons vu précédemment, l'essentiel du pouvoir antibactérien du miel trouve son origine dans un système enzymatique producteur de peroxyde d'hydrogène.

Cependant, quelques questions demeurent sans réponse :

- quelle est la sensibilité de la glucose-oxydase vis-à-vis des sécrétions stomacales ?
- existe-t-il pour la glucose-oxydase un système de protection du type complexe enzyme-tannin ?
- dans l'hypothèse d'une action possible, de quelle manière le miel doit-il être consommé : pur ou dilué ?

De nombreuses expériences ont, tout de même, mis en évidence l'action régulatrice du miel sur la flore intestinale (16).

Il nous paraît intéressant de souligner que, d'après les travaux de Lavie (16), il existe dans le miel un facteur de croissance pour certaines souches d'Escherichia coli.

5 - Actions sur le système rénal.

a - Effet diurétique.

Le glucose et le fructose sont des diurétiques osmotiques. De plus, certains composés du miel, comme les dérivés flavoniques entre autres, agiraient directement sur le rein en augmentant la diurèse (16).

b - Action antiseptique.

Ce sont des auteurs allemands et anglo-saxons qui ont mis en évidence la propriété antiseptique de certains miels dans le cas de pyélites (16).

L'hypothèse, ci-après avancée, demande à être vérifiée. L'arbutoside, hétéroside que l'on rencontre dans la nature chez les Ericacées et fréquemment dans les miels foncés, s'hydrolyserait en donnant du glucose et un phénol : l'hydroquinol, qui se transforme, par oxydation, en hydroquinone, corps chimique doué de propriétés antiseptiques.

6 - Actions sur l'appareil respiratoire.

Les solutions concentrées de sucres sont connues pour leur action antitussive directe sur les terminaisons sensorielles.

Des travaux russes (90) ont établi que les propriétés antibactériennes du miel s'exercent, au niveau pulmonaire et bronchique, après inhalation d'aérosols.

Les essences, contenues dans le miel expliquent, en grande partie, toutes les actions, antiseptiques et autres, du miel sur l'arbre respiratoire.

7 - Action sur le système cardio-vasculaire et le sang.

Nous traiterons plus loin des effets obtenus, après injection de miel, sur le coeur.

De nombreux auteurs : allemands, américains, australiens, espagnols, suisses, notent une augmentation de la teneur du sang en Hémoglobine chez les nourrissons et les enfants dont la ration alimentaire comporte du miel de couleur foncée ; d'où la conclusion que cette propriété est due aux éléments minéraux : le Fer principalement auquel s'ajoute l'action du Cuivre et du Manganèse. Il conviendrait, cependant, de ne pas négliger l'éventuelle action des composés phosphorés (16).

8 - Action sur le système nerveux.

Le léger effet sédatif du miel serait dû aux sucres mais, surtout, aux diverses essences.

C - Usages du miel en diététique nutritive.

1 - Adulte.

Le miel étant dynamogénique, il est recommandé lors de tout effort intense, musculaire ou intellectuel. De plus, les légères propriétés laxatives favorisent un fonctionnement harmonieux du tube digestif.

2 - Enfant.

Chez le nourrisson, pour lequel il est souvent difficile d'hydrolyser le saccharose, l'usage du miel, solution de fructose et de glucose, est préférable. Cette supériorité du miel est confirmée par de très nombreuses expériences (16). Cependant, dans l'alimentation artificielle du nourrisson, l'emploi des laits dits "maternisés", dont l'apport glucidique est exclusivement constitué par le lactose, a actuellement détrôné l'usage de la dextrine-maltose, du saccharose ou même du miel, dans la complémentation du lait de vache.

Toutefois, le miel contribue à éviter les diarrhées et les fermentations intestinales chez l'enfant quelque soit son âge (16). Il semblerait aussi, que à côté de la non fermentescibilité intestinale des sucres du miel, il existe une régulation de la flore intestinale dont les modalités d'action sur les différents germes sont encore l'objet d'hypothèses (90).

De nombreux travaux, réalisés dans des maisons de santé, des hôpitaux pour enfants et des orphelinats, il ressort que la consommation de miel, chez l'enfant, s'accompagne d'une augmentation de la croissance pondérale et linéaire.

L'action sédative légère du miel peut parfois être mise à profit. Il en est de même de l'effet laxatif.

Dans la nourriture de l'enfant, le miel constitue un excellent édulcorant. L'emploi des miels foncés et aromatiques est préférable. Néanmoins, le miel faisant partie des glucides à absorption rapide et malheureusement trop souvent en excès dans l'alimentation infantile, il ne faut pas dépasser la quantité représentée par quelques cuillerées à café par jour suivant l'âge de l'enfant. Son usage devrait s'accompagner parallèlement de l'arrêt total de l'addition de saccharose dans l'ensemble de la nourriture afin de ne pas accentuer un éventuel déséquilibre.

3 - Personne âgée.

Comme nous l'avons vu précédemment, la principale voie de transformation du fructose est la formation de lipides. Cette augmentation de la lipémie est gênante par son potentiel athérogène théorique. En effet, en cas d'hyperlipémie déclarée, tous les diététiciens suppriment les sucres simples d'absorption rapide. Ce risque est cependant négligeable devant les avantages qu'apporte la consommation de miel par les personnes âgées (64).

Le miel est, là aussi, recommandé pour ses propriétés apéritive, sédative et pour son rôle de prévention dans l'apparition de certaines affections respiratoires (18).

Les propriétés diurétiques relativement importantes de certains miels, notamment ceux de Bruyère (16), peuvent améliorer la circulation sanguine fragile, généralement observée sur la majorité des personnes âgées.

4 - Sportif.

Les propriétés dynamogéniques du miel font qu'il est très utilisé pur ou dans diverses préparations, en diététique sportive. Fait révélateur, sa consommation par les athlètes, pendant les derniers jeux Olympiques, fut très importante (64). Les auteurs américains préconisent particulièrement le miel de Trèfle, très riche en glucose (18).

D - Usages du miel en diététique thérapeutique.

Cette partie traite des indications et contre-indications

du miel au cours de diverses affections.

1 - Etats nutritionnels défectueux.

a - Obésité.

Avec 320 calories pour 100 g (44) et un caractère apéritif, le miel est déconseillé dans les régimes dits "amaigrissants".

b - Etats de dénutrition.

Il est dans ce cas fortement recommandé.

2 - Diabète.

Partant du principe que les urines des diabétiques ne contiennent jamais de fructose, certains conseillent des miels riches en fructose dans le cas de diabètes peu graves (16).

D'après le colloque international qui s'est tenu aux USA et portant sur le thème : "diabète et fructose", il apparaît que, dans le cas de diabète insulino-prive avec acido-cétose, la voie principale se ferme et le métabolisme du fructose s'oriente vers la glucogénèse, d'où l'inutilité du fructose. Par contre, dans le diabète sans acido-cétose, non insulino-dépendant, encore appelé diabète gras de la cinquantaine, les voies métaboliques normales sont conservées. Mais dans ce cas, l'élaboration de lipides par ses conséquences possibles sur l'athérosclérose n'est peut-être pas souhaitable (64).

Aussi, les diabétologues et diététiciens déconseillent-ils le miel dans tout diabète. Un argument de plus qui va dans ce sens est qu'il faut faire perdre au diabétique le goût du sucré (64).

3 - Affections gastriques.

Des travaux russes, allemands, américains semblent montrer l'influence favorable du miel dans la guérison des ulcères (16).

D'après certains auteurs russes, le miel de Tilleul diminuerait la sécrétion du suc gastrique (64). D'autres, à l'inverse, préconisent l'ingestion de miel dans les états subacides ou anacides car la sécrétion d'acide chlorhydrique serait augmentée (16).

La consommation de miel, lors d'affections gastriques, constitue un autre sujet de polémique pour les diététiciens qui interdisent formellement, dans les gastrites et les dyspepsies, le miel ainsi que tous les aliments sucrés irritants (64). La recherche doit donc se poursuivre avant de porter un jugement.

4 - Affections intestinales.

Nous avons précédemment exposé les effets du miel sur la régulation de l'intestin ; les utilisations thérapeutiques en résultent.

Ainsi, l'assimilation très rapide du miel le fait conseiller au cours d'affections diverses lorsque l'on veut faciliter la digestion. On atténue le caractère irritant par une dilution.

A la suite des expériences conduites à partir de 1936, par Haydak, afin d'apporter des informations sur une nourriture entièrement liquide, il a été montré que la survie, sur de longues périodes, est possible avec un régime se composant uniquement de lait de vache additionné de 100 g de miel par litre et supplémenté en Iode, vitaminesB et C (21).

5 - Affections hépatiques.

La consommation de miel est recommandée, notamment, dans l'insuffisance hépatique et l'hépatite ictérigène. Cela s'explique par la recharge rapide de l'hépatocyte en glycogène, l'action diurétique et les propriétés antasthéniques (64).

Dans un autre ordre d'idée, il est intéressant de remarquer, que du fait de sa haute teneur en fructose, le miel est conseillé, lors d'ivresse, pour accélérer le métabolisme de l'alcool et éviter certains "inconvénients" bien connus des automobilistes (21).

6 - Anémie.

Comme nous l'avons vu précédemment, l'ingestion de miel provoque une augmentation du taux d'hémoglobine.

7 - Etats asthéniques.

Qu'ils soient d'origine physique ou neuropsychique le miel, par ses propriétés dynamogéniques, peut, dans certains cas, améliorer ou atténuer ces états asthéniques.

E - Usages thérapeutiques du miel.

Nous avons seulement retenu les usages thérapeutiques

reconnus par la grande majorité des auteurs. Du fait de propriétés et d'indications très différentes nous les rassemblerons suivant le mode d'utilisation.

1 - Applications externes ou locales.

a - Plaies, brûlures et autres processus infectieux locaux.

L'usage thérapeutique du miel dans le traitement des plaies accidentelles de toutes natures a montré, depuis longtemps, son efficacité, et ce, sans aucune désinfection ni nettoyage préalable. Plusieurs caractéristiques du miel l'expliquent. La haute concentration en sucres du miel provoque un appel de lymphe qui s'accompagne, d'une part d'un nettoyage mécanique de la plaie, d'autre part de la venue de polynucléaires macrophages. Le pouvoir antibactérien intervient également. Enfin, à cause de sa grande viscosité le miel joue un rôle de pansement.

Un auteur allemand, Zaiss, a utilisé avec succès le miel dans le traitement des furoncles et d'anthraxs préalablement incisés (16).

En ce qui concerne les brûlures, de bons résultats ont été notés par divers auteurs.

Toutefois, quelque soit l'affection, ou la plaie, les applications de miel doivent être renouvelées plusieurs fois par jour pour être pleinement efficaces.

b - Infections buccales.

Elles régressent soit après des applications de miel pur, soit le plus souvent après des bains de bouche avec une solution de miel.

2 - Ingestion.

Des travaux allemands et américains ont montré l'efficacité du miel dans le traitement des toux et des affections des voies respiratoires hautes (rhinites, laryntites, pharyngites) (16). Les meilleurs miels sont ceux de plantes balsamiques : Sapin, Eucalyptus, Romarin, Lavande, Thym.

Cependant, en ce qui concerne l'administration, il est recommandé de diluer le miel dans une boisson chaude et d'associer, à l'ingestion, des gargarismes.

3 - Inhalation.

Mladenov (90) obtient dans 88 % des cas un effet thérapeu-

tique permanent lors d'affections des voies respiratoires, comme rhinites, sinusites, laryngites, pharyngites, trachéites, bronchites et même bronchites asthmatiques, en prescrivant des inhalations d'aérosols de solutions de miel. Le miel est dilué, dans une proportion de 20 à 30 %, dans de l'eau distillée ou dans une solution physiologique. L'ensemble est vaporisé sous forme de particules ayant une dimension de 5 à 50 microns. Le traitement nécessite une à deux séances d'inhalation de vingt minutes par jour pendant vingt jours environ. Mladenov y associe aussi des gargarismes.

4 - Injection.

Toutes les propriétés qui suivent ont été mises en évidence grâce à une préparation allemande : le miel Woelm M2, dont l'emploi remonte à 1946. Il a été employé couramment en Allemagne. Cette spécialité se présente sous la forme d'une solution de 20 à 40 % de miel filtré et déprotéiné, et doit être administrée par voie intraveineuse.

a - Prurit.

Qu'il soit d'origine eczémateuse ou autre, et, même dans le cas de celui, très intense, des ictères par obstruction, cette préparation de miel injectable a une action antiprurigineuse qui serait comparable à celle du luminal et du gluconate de calcium (16).

b - Coeur.

De diverses expérimentations animales, les faits suivants ont été observés (16) :

- sur le coeur de grenouille isolé, le miel provoque des contractions plus fortes et plus régulières ; cet effet est plus important que celui du glucose, à la même concentration.

- toujours sur le coeur de grenouille une solution de miel peut combattre l'action toxique du chlorure de calcium, alors que le glucose ne le peut pas.

- chez le chien et le chat, des injections de miel améliorent la circulation coronarienne, et ce, mieux que le glucose à la même concentration.

Il serait intéressant de connaître, dans toutes ces actions, le rôle éventuel de l'acétyl-choline.

De l'utilisation chez l'Homme, il ressort que les injections de miel sont éminemment bénéfiques sur les coeurs fragiles et irréguliers. Les auteurs allemands ont utilisé le

plus souvent le miel en association avec d'autres substances dans diverses affections cardiaques (16).

C'est ainsi que, en pathologie cardiaque, les injections de solutions de miel peuvent être pratiquées en milieu hospitalier lors :

- d'insuffisances cardiaques, le plus souvent en association avec les digitaliques.
- de myocardites, toxiques et autres.

Q U A T R I E M E C H A P I T R E

*

PROBLEMES HYGIENIQUES POSES PAR LA CONSOMMATION DU MIEL

-o-o-o-

Dans cette partie nous traiterons de la toxicité des miels liée à la flore butinée, des miels pollués et des altérations que peuvent subir les miels. Nous avons préféré réunir l'exposé des problèmes que posent les miels falsifiés avec les caractéristiques chimiques.

I - LES MIELS A TOXICITE D'ORIGINE VEGETALE.-

Le butinage de certaines plantes peut conduire à la formation d'un miel toxique. La littérature ancienne relate quelques cas d'intoxication consécutive à la consommation de miels particuliers (53).

Les principes toxiques ont probablement pour origine le nectar. Les pollens constituent l'autre source possible d'apport dans le miel. Mais, parmi tous les pollens analysés jusqu'à présent et provenant de différentes plantes de France, aucun ne semble dangereux pour l'Homme (17).

Certains miels sont connus pour leur indéniable toxicité. Ce sont, notamment, les miels de Rhododendron, d'Azalées... (53).

Dans nos régions, les quelques nectars toxiques récoltés suivant le lieu et la période de l'année sont en très infime proportion dans le miel qui sera récolté. Néanmoins, bien qu'il ne faille pas exclure un risque en montagne du fait de la présence de plantes vénéneuses, parfois en grande densité, comme le Rhododendron, on s'accorde pour éliminer l'éventualité d'une intoxication en France (53).

En effet, la constitution par l'abeille d'un miel toxique pour l'Homme, à partir de la récolte de nectar sur des plantes connues en botanique pour renfermer des principes délétères, nécessite plusieurs conditions :

- le végétal doit pouvoir être butiné par l'abeille.
- le nectar doit renfermer le ou les principes toxiques.

- mais surtout, durant une période donnée, le végétal en question doit constituer la flore dominante, d'un point de vue apicole.

Malheureusement, dans les régions circumméditerranéennes et en Asie Mineure, ces conditions peuvent être remplies et, comme par le passé, les intoxications demeurent possibles (53).

II - LES MIELS POLLUES.-

Les principales pollutions du miel sont encore dues à des micro-organismes divers (champignons, bactéries) ; mais, depuis les dernières décennies, les contaminations de nature chimique et radioactive deviennent préoccupantes, même si cette dernière n'est envisagée qu'à titre théorique et préventif.

A - Pollution par les micro-organismes.

Sous certaines conditions, le miel peut fermenter. Mais, à côté de cette action bien connue des champignons, la flore bactérienne a-t-elle une importance pour l'hygiéniste des denrées d'origine animale ?

1 - Actions sur le milieu, dénombrement et identification des micro-organismes.

a - Champignons.

Comme le miel est un milieu très particulier (pression osmotique très importante, acidité, grande teneur en sucres, faible teneur en azote) seuls, certaines levures et quelques champignons filamenteux, peuvent s'y développer.

1°) Action sur le milieu.

Lors de la fermentation à partir des sucres il y a formation d'alcools et de gaz carbonique (94). Certains champignons, à partir des sucres, produisent des acides organiques (94).

Toutes ces actions sont surtout le fait des levures ; les champignons filamenteux, très aérophiles, ne se développent qu'en surface et, le plus souvent, seulement si la dégradation du miel est amorcée.

Le résultat sera un produit aux caractères organoleptiques fortement altérés, à l'aspect spumeux en surface (gaz carbonique) et trouble en son milieu.

2°) Dénombrement.

De l'étude de 14 miels de France, Tysset et coll. (94), ont trouvé une teneur moyenne, par gramme de miel, de 254,5 champignons. Les valeurs extrêmes sont 0 et 2.500. De plus, ils remarquent que 64,28 % des échantillons en contenaient moins de 10 par gramme. Ces résultats sont en concordance avec ceux d'autres auteurs. Mais le nombre de champignons est extrêmement variable d'un miel à l'autre (63).

3°) Identification.

Les levures les plus importantes sont surtout représentées par Saccharomyces mellis, improprement appelé Zygosaccharomyces mellis, et, secondairement, par Saccharomyces rosei. Ces micro-organismes, osmophiles préférentiels, sont très répandus et capables d'adaptation à des biotopes très variés, notamment, le milieu marin (94).

Les champignons filamenteux isolés à partir du miel sont très communs dans la nature : sol, poussières, fumiers, eaux douces et marines, surface des végétaux (pollen notamment (16)) (94).

b - Bactéries.

1°) Action sur le milieu.

Le miel leur étant particulièrement dysgénésique, les formes bactériennes observées ne sont jamais proliférantes. Elles ne sont donc responsables d'aucune altération (94).

2°) Dénombrement.

De l'étude de 14 miels de France, Tysset et coll. (94) ont trouvé une teneur moyenne par gramme de miel de 237,1 formes bactériennes. Les valeurs extrêmes sont 25 et 1.600. De plus, ils observent que 50 % des échantillons renferment moins de 100 germes viables par gramme. Là aussi, les résultats concordent entre les différents auteurs.

On constate donc que la teneur en germes du miel n'est pas du tout comparable avec celle des produits de charcuterie ou celle des fruits de mer chez lesquels elle peut atteindre 10^5 germes par gramme.

3°) Identification.

Les Eubactéries sporulées occupent une grande place : 86,54 % des souches isolées par Tysset et coll. (94). Toutes les espèces rencontrées, très fréquentes dans la nature, sont

des germes telluriques à partir duquel elles émigrent partout. Sont très souvent présentes Bacillus pumilus et Bacillus cereus ; le même phénomène étant rencontré dans les produits de charcuterie.

La classe des Asporulales (13,46 % des espèces totales) (94) est surtout représentée par des bactéries appartenant à la famille des Pseudomonadaceae et à la famille des Micrococceae. Aucune signification particulière n'est à noter sur ces germes telluriques.

D'autre part, le travail de Tysset et coll. (94) comportait la recherche de germes témoins de contaminations fécales : Escherichia coli, Streptococcus du groupe D, sulfito réducteurs (Welchia perfringens). Ces germes n'ont jamais été mis en évidence, de même, d'ailleurs que les Staphylocoques entérotoxiques. Il est fort probable, qu'après leur introduction dans le miel, ceux-ci sont rapidement détruits (94).

2 - Conditions de développement et pouvoir pathogène des micro-organismes rencontrés.

a - Champignons.

1°) Levures.

La fermentation du miel dépend de la température, de la teneur en eau et de la charge initiale en levures.

Aucun développement n'est possible si la teneur en eau est inférieure à 17 %. Plus le taux d'humidité augmente, plus le nombre de levures doit être faible, voire nul à partir de 20 % d'eau, si l'on ne veut pas voir apparaître de fermentation (voir planche n° 5).

Le développement des levures n'est possible que si la température est supérieure à 10°C. La conservation du miel se fera donc dans un endroit frais. Il est à remarquer qu'un traitement thermique comme la pasteurisation (78°C pendant quelques minutes) permet d'écarter tout risque de fermentation et cela quelque soit le miel (47).

Dans la pratique, la fermentation s'observe, le plus souvent, après la cristallisation. En effet, le glucose, une fois cristallisé, ne contient que 10 % d'eau liée et la phase liquide a donc une teneur en eau très augmentée.

Un miel qui contient 1.000 levures par gramme doit être rapidement commercialisé. A partir de 10.000 levures, le miel est déjà altéré. Dans la pratique courante de laboratoire,

Planche nº 5.

Influence de la richesse en levures, en fonction de la teneur en eau, sur le risque de fermentation dans l'année qui suit.

Teneur en eau	Fermentation en fonction du nombre de levures par gramme de miel
Moins de 17,1 %	Aucun risque quelque soit le nombre de levures
De 17,1 % à 18,0 %	Aucun risque si le nombre de levures est inférieur à 1.000
De 18,1 % à 19,0 %	Aucun risque si le nombre de levures est inférieur à 10
De 19,1 % à 20,0 %	Aucun risque si le nombre de levures est inférieur à 1
Plus de 20,0 %	Risque de fermentation quelque soit le nombre de levures.

D'après Lochhead (1933) (63).

l'examen microscopique du culot de centrifugation d'un échantillon de miel, après coloration, ne doit pas révéler plus de 2 à 3 cellules lévuriformes par champ ; ceci étant une moyenne sur une dizaine de champs (94).

Tous les auteurs s'accordent pour signaler que la charge initiale en micro-organismes d'un miel est proportionnelle au nombre et à la qualité des manipulations effectuées par l'apiculteur (16).

2°) Champignons filamenteux.

La production de mycéliums est très secondaire. La haute concentration en sucres empêchant la germination des spores et le développement des moisissures. Ces notions s'appliquent à Aspergillus flavus, dont une présence éventuelle dans le miel ne doit pas faire conclure à la présence d'aflatoxine (94). Cependant, par analogie avec ce qui se dit pour d'autres denrées alimentaires dans la fabrication desquelles interviennent des moisissures (fromages, charcuteries), la polémique n'est pas close surtout depuis que, aux USA, à la suite d'une enquête épidémiologique, le miel a été incriminé dans une aflatoxicose familiale.

b - Bactéries.

Dans le miel, les spores ne peuvent pas germer (94). Les Asporulales, très exigeantes du point de vue métabolique, sont lysées dans leur grande majorité, alors que certaines espèces, dites euryglucidiques, sont en survie (94).

Toutes les bactéries isolées jusqu'à présent des miels sont dépourvues de pouvoir pathogène pour l'Homme et les animaux. Néanmoins, Bacillus cereus a été impliqué dans des intoxications alimentaires bénignes, mais il faut un taux très élevé : 10^8 germes par gramme (94).

En conclusion, il faut retenir que le miel est un aliment paucimicrobien.

B - Pollution chimique.

La pollution chimique du miel peut avoir deux origines. Tout d'abord, elle peut être due à l'apiculteur. Ensuite, les substances présentes sur les végétaux, qu'elles soient d'origine agricole ou industrielle, peuvent éventuellement se retrouver dans le miel.

La très grande diversité observée, tant au niveau de la nature de la substance que dans son mode d'incorporation au miel, rend les contrôles extrêmement fastidieux.

Les analyses courantes de laboratoire sont cependant nécessaires afin de conserver au miel son image d'aliment naturel.

1 - D'origine apicole.

Actuellement, l'apiculteur dispose, non seulement dans la lutte contre les maladies des abeilles mais encore dans la conduite de certaines opérations techniques (récolte du miel, conservation de la cire...), d'une multitude de produits chimiques, souvent très dangereux pour la santé humaine, et qui peuvent être incorporés au miel lors de manipulations défectueuses.

a - Thérapeutique apicole.

A côté des antibiotiques et des sulfamides, quelques composés sont employés contre l'acariose, les mycoses, la nosémose et les diverses affections, mal définies, qui touchent les abeilles.

1°) Les antibiotiques.

Ils sont très employés en apiculture car, à côté des effets thérapeutiques, s'ajoute, pour certains d'entre eux, une action zootechnique.

a) Caractères de l'utilisation des antibiotiques en apiculture

Les principaux antibiotiques utilisés en apiculture sont :

- Le sulfate de dihydrostreptomycine (Didromycine ND), efficace contre la loque européenne, possède, en plus, une grosse action stimulante sur les colonies, qui explique son utilisation, parfois exagérée, par les apiculteurs.

- Les tétracyclines, avec, notamment, le chlorhydrate d'oxytétracycline (Terramycine ND) très efficace contre la loque européenne. Le chlorhydrate de tétracycline (Sanclomycine ND) qui est le seul antibiotique connu pour son efficacité contre la loque américaine, n'est plus commercialisé en France.

- Le stéarate d'érythromycine, actif contre la loque européenne, stimule aussi les colonies et allonge la durée de vie des abeilles.

- Le bicyclohexylammonium fumagilline (Fumidil B ND), antibiotique protisticide, est employé contre la Nosémose.

La posologie moyenne est de 1 à 1,5 g de médicament par ruche, sauf pour le stéarate d'érythromycine qui est de 0,2 g par colonie. Généralement, l'administration se fait dans un

sirop de sucre à 50 % (sucre et eau en quantités égales) donné en nourrissement aux abeilles ; mais on peut, aussi, le pulvériser sur les rayons. La concentration dans le sirop varie suivant les antibiotiques de 0,2 à 0,5 %. Dans la pratique, trois nourrissements, à une semaine d'intervalle, suffisent.

Cependant, à la suite des traitements thérapeutiques, il est possible de constater l'apparition de phénomènes d'antibiorésistances qui nécessitent une posologie supérieure. De plus, c'est souvent l'espoir d'une action stimulante, proportionnelle à la quantité d'antibiotique administrée à la colonie, qui pousse certains apiculteurs, mal informés, à augmenter la dose. La conjugaison de ces deux phénomènes peut aboutir à l'utilisation d'une quantité d'antibiotique, par ruche et par saison apicole, qui dépasse toute signification raisonnable.

b) Présence des antibiotiques dans le miel.

Le sirop médicamenteux est recueilli par les abeilles, qui l'emmagasinent avec le miel dans les rayons. Le mélange servira à nourrir les larves permettant ainsi d'enrayer l'affection.

La persistance des antibiotiques dans le miel est très variable (15). Dans la ruche, sous les effets de la dilution et de la dégradation, l'activité thérapeutique ne dépasse pas 4 à 7 jours. Les résidus d'antibiotiques, suivant leur nature, sont inactivés au bout d'un temps variable. Dans le miel récolté, sûrement du fait d'une température plus basse, la conservation de l'activité antibiotique est meilleure. Dans la ruche, cette durée est faible pour l'érythromycine et la Terramycine (ND), moins d'un mois ; par contre, la Didromycine (ND) est très stable et son activité est intacte au bout de neuf mois (53).

Ce problème de la présence des antibiotiques dans le miel est d'une importance cruciale car, à l'emploi quasi généralisé des antibiotiques dans tous les ruchers, s'ajoute la consommation du miel sous une forme crue. Or, il apparaît que l'antibiotique, sous réserve d'une certaine stabilité, se retrouve dans le miel lors de la récolte.

En effet, en utilisant un marqueur radioactif, une expérience de nourrissement stimulant des colonies et ce, avant la période de pleine activité des abeilles, a été conduite de façon aussi proche que possible de la pratique apicole (28). Par étude de la radioactivité, les auteurs aboutissent à la conclusion que, après administration de 4 l de sirop à 600 g

de sucre par litre, le miel récolté contient de 2,0 g à 8,4 g de sucre pur par kg de miel.

Par analogie, cela signifie que pour un traitement de 2 g de Didromycine (ND) (antibiotique stable dans le miel) on retrouverait donc de 1,6 mg à 7 mg de Didromycine (ND) par kg de miel. Cette hypothèse a été vérifiée après analyse de quelques échantillons de miel (89).

Malheureusement, dans les analyses de laboratoire la recherche des résidus d'antibiotiques n'est pas une pratique courante.

c) Méthodes de caractérisation et de dosage des résidus d'antibiotiques dans le miel.

+ Méthodes physico-chimiques.

L'électrophorèse et la chromatographie ont été employées, mais la concentration importante en antibiotique qui est nécessaire s'accompagne d'une augmentation de la concentration en impuretés (15). Ces méthodes, longues et coûteuses, ont été abandonnées actuellement.

+ Méthodes microbiologiques.

Le principe repose sur la mise en contact de l'antibiotique et d'un germe choisi.

Une technique fait appel à la mesure de la zone d'inhibition provoquée par l'antibiotique sur une culture, en milieu gélosé, d'un germe connu. Elle a été développée par Chambonnaud qui utilise la technique de Garrod (15). L'identification et le dosage de l'antibiotique se fait par la lecture des zones d'inhibition en se référant à une série de courbes standards, réalisées, pour différents antibiotiques sur diverses souches microbiennes. La recherche peut être directe mais, dans ce cas, il faut au préalable diluer dans l'eau le miel et le soumettre à un chauffage de 40 minutes à 75°C afin d'éliminer toute activité antibactérienne naturelle. La recherche indirecte est possible après extraction des antibiotiques par un solvant : l'acétone en l'occurence. En conclusion, cette technique permet un dosage précis des tétracyclines, mais la sensibilité pour la Didromycine (ND) est très faible.

Une technique qui utilise la néphélométrie en mesurant la quantité de lumière diffusée par les bactéries en suspension, a été mise au point pour le dosage de la Didromycine (ND) (53). Cette méthode turbidimétrique a été reprise pour

l'étude des résidus de chlorhydrate de tétracycline (89). La sensibilité est grande mais la méthode est fastidieuse.

2°) Les sulfamides.

Leur usage, dans le traitement de la loque américaine et de la loque européenne, est en régression. On utilise, actuellement, le sulfathiazole sodique contre la loque américaine à la dose de 0,5 g pour 4 litres de sirop de sucre. Son identification et son dosage sont aisés ; on fait appel, pour cela, à une méthode colorimétrique (53) ou à la chromatographie en couche mince (51).

3°) Autres médicaments.

On peut lutter contre la Nosémose, maladie parasitaire de l'abeille adulte occasionnée par un protozoaire (Nosema apis), au moyen du Fumidil B (ND), antibiotique précédemment évoqué, ou bien en utilisant un organomercuriel : le sel de sodium de l'acide éthylmercurithiosalicylique, d'utilisation délicate, mais interdit en France. Une méthode de dosage du mercure dans le miel a été mise au point (53).

Contre l'acariose des abeilles adultes, l'apiculteur utilise des fumigations de diverses substances acaricides. Leur passage dans le miel est théoriquement possible, bien que peu probable. Il est cependant curieux de constater que, malgré leur très grande utilisation en apiculture, aucune étude n'a été entreprise, à notre connaissance, sur ce sujet.

Mieux encore, de nombreux autres composés, et même souvent des préparations empiriques, sont préconisées dans le traitement de diverses affections (mycoses, maladies d'étiologie mal connue...) sans avoir fait l'objet d'une étude préalable concernant leur éventuel passage et leur rémanence dans le miel.

b - Pratiques apicoles courantes.

1°) Désinfection.

La prévention des maladies des abeilles et de la destruction des rayons de cire passe par une désinfection des ruches et du matériel apicole (54). Certains produits sont très toxiques pour l'abeille, comme le dibromo 1-2 éthane, gaz germicide mais surtout utilisé, par l'apiculteur, pour ses propriétés insecticides et acaricides. Une méthode de dosage, par chromatographie sur colonne, a été mise au point pour le dosage de ce composé dans l'abeille, mais pas dans le miel dont la pollution est possible (53).

De nombreux autres produits à utiliser sous forme de gaz ou en bains sont disponibles pour la désinfection (54). La recherche en la matière n'est pas terminée, et de gros espoirs sont fondés sur l'oxyde d'éthylène, employé en Amérique du Nord. Mais pour ce dernier composé, comme pour les autres, la contamination des miels par les résidus de toxiques est envisageable.

2°) Autres produits.

Ce sont notamment les produits chasse-abeilles qui sont utilisés,parfois, lors du prélèvement des rayons de miel dans la ruche. Sont employés, le nitrobenzène (essence de Mirbane), l'acide phénique et, récemment commercialisé en France, le benzaldéhyde. Mal utilisés, ces produits, notamment l'acide phénique, communiquent un goût et une odeur anormale au miel.

En conclusion, il faut retenir que le miel est un produit alimentaire qui peut être contaminé par les nombreuses substances chimiques utilisées par l'apiculteur. De même, le miel doit être au contact de matériaux adéquats ; c'est ainsi que le zinc, le fer galvanisé sont à proscrire et que les peintures et les matières plastiques doivent être en conformité avec la règlementation relative aux produits entrant en contact avec les denrées alimentaires...

2 - D'origine agricole et industrielle.

a - Agricole.

L'usage croissant des produits phytosanitaires constitue un problème aigu pour l'apiculture. Malgré une règlementation bien conçue (54), en France, les mortalités d'abeilles liées à l'usage des pesticides sont extrêmement fréquentes. Toutes les ruches sont touchées à un degré variable ; sur une saison apicole, cela va de la disparition de quelques abeilles, qui passe inaperçue, à la destruction de la colonie entière.

La première conséquence est la diminution très marquée de la récolte de miel. Mais l'apiculteur ne sait généralement pas que son miel contient les résidus du produit toxique pour les abeilles. Les analyses systématiques, effectuées par le Laboratoire Apicole de Nice sur le miel issu de colonies empoisonnées, ont montré la présence, en doses variables, des insecticides responsables (86).

1°) Etude des différents produits utilisés en agriculture.

Les principaux produits utilisés en agriculture actuel-

lement sont (53) :

Parasiticides

1) Minéraux

- base d'arsenic : anhydride et arséniate de Pb, Zn, Na.
- base de fluor : fluorure Na, NH4, cryolithe...
- base de soufre : sulfate Fe, Mn.

2) Organiques

- naturels
  - . nicotine, roténones, pyréthrines
- synthétiques
  - . halogénés : DDT, HCH, Chlordane, Toxaphène, Aldrin, Dieldrin...
  - . esters phosphoriques : parathion, thiophosphates...
  - . dérivés nitrés
  - . dérivés soufrés

3) à action hormonale (81).

Herbicides

2 4D, MPCA, 2 45 T...

Fongicides

- base de cuivre : sulfate
- base de mercure : phényl lactate Hg
  phényl acétate Hg
  phényl chlorure Hg
- acide dithiocarbamique
- divers

Engrais

- superphosphate
- nitrate d'ammonium
- sulfate d'ammonium.

La toxicité de tous ces produits, pour l'abeille, est très variable. Les plus dangereux sont les insecticides. Mais ce problème n'a que peu d'importance comparé au risque pour la santé humaine que représente la présence dans le miel des résidus de pesticides utilisés par l'agriculture.

2°) Mécanisme de l'apport des toxiques dans la ruche.

La première idée qui vient à l'esprit est que l'abeille, sensible aux insecticides, joue le rôle d'une barrière et empêche l'introduction de ces toxiques dans les ruches. Or, il n'en est rien car l'abeille, à chacun de ses voyages de butinage, vide complètement son jabot dans la ruche et seule une très petite quantité de nectar passe dans son intestin (87). Une expérience de nourrissement d'abeilles avec, d'une part du sirop coloré, d'autre part du sirop arsénié, est venu confirmer cette hypothèse. Les butineuses ramènent le sirop toxique à la ruche, lequel occasionne des mortalités parmi les larves et les jeunes d'abeilles ; les butineuses ne succombent que le lendemain, à cause de la très faible ingestion de sirop arsénié au cours de leurs voyages (87). Ce phénomène a été encore confirmé par une expérience faite avec trois pesticides : le Toxaphène, le Parathion et le DDT (86).

Mais cette hypothèse de la barrière constituée par l'abeille est encore plus fausse lorsque l'on est en présence d'un produit sans effet sur l'abeille. Tel est le cas d'un insecticide chloré : le Toxaphène, non toxique pour l'abeille, mais nocif pour l'Homme. D'après une expérience, il ressort que le miel, constitué par des abeilles sur des champs de Colza traités au Toxaphène, révèle une teneur de moins de 0,01 mg/kg de Toxaphène (53).

3°) Analyses de laboratoire.

La recherche consernant l'identification et le dosage des pesticides dans l'abeille est relativement bien développée. Par contre, il en est différemment de la recherche des résidus toxiques pour l'Homme dans les miels (53).

Le Laboratoire Apicole de Nice a mis au point une technique qui utilise un couple de solvants miscibles, de polarités opposées, permettant la détection et le dosage de certains résidus de pesticides dans les miels. Cette méthode peut être utilisée avec succès pour les produits suivants : Lindane, Heptachlore, Heptachlorépoxyde, Aldrin, Dieldrin, OP-DDT, PP-DDT, Toxaphène, Rothane, Métoxychlore, Parathion, Méthylparathion, Ethion, Malathion. Mais elle n'est pas applicable pour d'autres qui ont une solubilité non négligeable dans l'eau comme : le Diméthoate, le Phosdin, le Phosphamidon... (86).

B - Industrielle.

La deuxième source de la pollution des végétaux que butine l'abeille est constituée par les produits toxiques répandus par les fumées et les eaux résiduaires des usines. Ces composés sont, principalement, à base de fluor et d'arsenic (53). Mais les autres pollutions chimiques (SO_3, SO_2, Pb...) ne sont pas à négliger bien qu'elles n'occasionnent généralement pas de mortalités d'abeilles (45).

1°) Fluor.

Le fluor est utilisé par diverses industries : de l'aluminium, des superphosphates, des pyrites, fabrique d'émaux... (54). Le fluor contenu dans les fumées d'usines se présente selon différentes formules. Il y a désaccord entre les auteurs sur les modalités de l'intoxication des abeilles (53).

Une méthode de dosage du fluor dans les abeilles et leurs produits a été mise au point et elle permet de connaître la quantité de fluor à plus ou moins 2 à 5 µg pour une quantité de 0 à 50 µg (53).

Dans les miels normaux, la teneur en fluor varie de 5 à 10 ppm. Mais elle est relativement peu élevée dans les miels de régions polluées où les intoxications d'abeilles sont incontestables : de 10 à 50 ppm. Avec un taux de 50 ppm, on peut presque affirmer qu'il n'y a pas de danger pour l'Homme (53).

2°) Arsenic.

Les usines traitant des minéraux arsénicaux et celles faisant partie de l'industrie de l'aluminium sont responsables de la majorité de la pollution arsénicale (54). Les expériences concernant le nourrissement d'abeilles avec un sirop arsénié, bien qu'il n'y ait pas eu d'étude du miel concernant un éventuel passage, sont la seule référence concernant l'arsenic, à notre connaissance (87).

C - Pollution radioactive.

L'étude de la pollution radioactive du miel doit être entreprise pour deux raisons. D'une part, elle doit permettre la protection du consommateur mais, d'autre part, le miel est utile comme indicateur de pollution radioactive d'une région. Les processus biologiques présentent souvent des facteurs de reconcentration importants. Jusqu'à présent, le lait était presque exclusivement choisi. Or, il apparaît que les butinages de l'abeille (grand nombre, aire de récolte étendue, multiplicité des espèces végétales...) semblent moins sélectifs que les pâturages du ruminant (45).

Mais le problème majeur est, comme nous l'avons vu précédemment, l'extrême variation dans la composition des différents miels. Lorsque l'étude du miel fait partie de l'étude écologique d'une région, il apparaît nécessaire, en utilisant certains critères (rapports d'éléments minéraux...) découlant d'analyses préalables effectuées sur de nombreux échantillons de la même région et pendant plusieurs années, de mettre en évidence la faible variabilité analytique du matériel miel (45).

La radioactivité du miel provient, d'une part de son contenu en radionucléides naturels tels que 40K, d'autre part de son contenu en radionucléides artificiels : 137Cs et 90Sr.

En Tchécoslovaquie des auteurs ont étudié la teneur en 90Sr de l'abeille et de ses produits. Le 90Sr paraît être le plus toxique des éléments radioactifs connus. Il possède une longue période. Dans le végétal, il est concentré dans la partie au niveau du sol, alors que les autres éléments radioactifs, engendrés par l'explosion nucléaire, dans leur grande majorité, sont concentrés dans les racines de la plante. Mais surtout, il suit le métabolisme du calcium. Ces auteurs, qui travaillaient en vue d'une prévention de la pollution, arrivent à la conclusion qu'en disposant les colonies d'abeilles à une distance de 2 à 4 kms des réacteurs nucléaires et en différentes directions, on peut déceler de cette façon les matières radioactives, comprises éventuellement même en quantités réduites, dans l'atmosphère (45).

Toujours dans le but d'étudier les conséquences de l'installation future d'un réacteur nucléaire sur un site, des travaux ont eu lieu, en France, sur des miels provenant de la région de Fessenheim (45). Il apparaît que, concernant la teneur en tritium (3H), quelques échantillons de miels présentaient dans leur eau une radioactivité un peu supérieure à la radioactivité générale des eaux en ce radioélément. Concernant l'activité β , la corrélation avec 40K (radionucléide naturel) est stricte, cependant, il apparaît nécessaire de réaliser l'extraction de 90Sr, laquelle n'a pas été effectuée car coûteuse en main d'oeuvre. Pour l'activité γ qui révèle principalement la teneur en 137Cs, quelques échantillons ont montré une radioactivité de l'ordre de 10 à 20 picocuries par kg de miel. Elle peut cependant être considérée comme très faible.

En Roumanie, ont été effectuées des mesures de radioactivité de miels collectés dans la région de Bucarest, durant la période 1960 à 1964 et pendant laquelle se sont déroulées des expériences d'explosions atmosphériques d'armes nucléaires. Les résultats montrent une très nette contamination radioactive par les produits de fission provenant des

retombées. L'activité γ , due principalement au 137Cs, est de l'ordre de 300 à 400 picocuries (pCi) par kg de miel et elle retombe à 100 pCi l'année suivant l'arrêt des expériences (45) (53).

III - LES ALTERATIONS.-

A - Remarques préliminaires.

A côté des miels toxiques et des miels pollués, les altérations du miel constituent le troisième volet des problèmes rencontrés en hygiène des denrées alimentaires.

Il est très difficile de définir la notion de miel altéré. Les critères de cette altération sont fonction du pays : la coloration constitue l'élément majeur en Amérique du Nord. L'Europe se penche surtout sur la teneur en enzymes et le taux d'HMF pour apprécier l'altération d'un miel.

De même, les phénomènes à retenir et responsables d'une altération du miel sont délicats à préciser. La cristallisation, par exemple, est une modification normale de l'aspect physique du miel et, cependant, la fermentation lui est presque liée. Parfois, la nature de la cristallisation est si grossière que l'on peut considérer que l'on est en présence d'un produit altéré. Enfin, diverses pratiques technologiques sont assimilées, pour certains, à des altérations.

Nous avons seulement retenu dans cette partie les modifications que peut subir un miel, au cours de son vieillissement , sous l'action du chauffage, et l'influence de quelques agents atmosphériques. La fermentation est souvent étudiée dans le chapitre des altérations et non dans celui des pollutions, car de nombreux auteurs considèrent que les levures sont des composants normaux du miel, au même titre que les grains de pollen.

Sur le plan législatif on se réfère, en France, au décret du 22 juillet 1976 qui définit, de manière précise, les limites de composition d'un miel.

B - Le vieillissement.

Comme dans tout produit biologique, des réactions enzymatiques et chimiques se produisent, en permanence, dans le miel. En première approximation, le vieillissement et le chauffage, ayant la même action sur ces réactions, conduisent aux mêmes modifications.

1 - Coloration.

Il se produit une augmentation de la coloration du miel

avec le temps. La sensibilité à l'augmentation de la densité optique est très différente suivant les miels.

L'augmentation dépend de manière très étroite de la température de conservation (voir planche n° 6). Gonnet (37), a montré, qu'à température ambiante, l'intensification de couleur est décelable dès la première année, et elle est importante au bout de deux ans. Par contre, conservé à 14°C, le brunissement d'un miel n'est perceptible que la deuxième année. La variation de la couleur est identique qu'il y ait pasteurisation ou non (37).

2 - HMF.

Il y a toujours une augmentation d'HMF avec le temps. C'est surtout la température de conservation qui intervient, lors du vieillissement du miel, sur la vitesse de progression de la teneur en HMF (voir planche n° 7). Un miel de Lavande, après un an de conservation à 14°C, voit la quantité initiale d'HMF multipliée par 1,12 ; par contre, à 20°C, cette quantité est multipliée par 2,00 (37).

Le taux d'HMF augmente plus rapidement dans les miels de forte acidité comme ceux d'Erica (37).

Le miel pasteurisé présente la même évolution que le miel qui n'a pas subi ce traitement (37).

3 - Acidité.

L'acidité libre augmente au cours de la conservation et, là aussi, de manière moins importante à 14°C qu'à température ambiante (37). Il en est de même pour les miels pasteurisés (37).

Mais, concernant les lactones, il y a une divergence entre les auteurs. White et coll. (97) trouvent une élévation de la teneur en lactones dans tous les miels, tandis que Gonnet (37) a remarqué une diminution des lactones au cours du vieillissement, chez le miel de Bruyère cendrée dans lequel les lactones et l'acidité libre sont initialement élevées.

4 - Sucres.

On observe, au cours de la conservation, une diminution importante du glucose et du fructose, mais beaucoup plus faible pour ce dernier. Inversement, il se produit une augmentation forte pour les disaccharides et plus atténuée pour les sucres supérieurs (97).

Planche n° 6.

Influence de la température de conservation sur l'augmentation de coloration d'un miel durant l'emmagasinage.

Unité : la mesure de la coloration est effectuée en mm exprimés d'après l'appareil de Pfund.

Température de conservation	Augmentation de coloration en mm/mois		
	Miels ayant une couleur < 34 mm	Miels ayant une couleur comprise entre 34 et 50 mm	Miels ayant une couleur > 50 mm
10,0°C	0,024	0,024	0,024
15,6	0,08	0,125	0,10
21,1	0,27	0,70	0,40
26,7	0,90	4,0	1,50
32,2	3,0	7,7	5,0
37,8	10,0	14,0	11,0

D'après Milum (1948) dans "Honey-a comprehensive survey" (21)

Planche n° 7.

Durée de conservation en fonction de la température pour atteindre dans un miel la teneur de 30 mg/kg d'HMF.

Température de conservation	Temps pour obtenir 30 ppm d'HMF/kg
20°C	Plus de 300 jours
30°C	De 150 à 300 jours
40°C	De 20 à 50 jours
50°C	De 4 à 10 jours
60°C	De 1 à 3 jours
70°C	De 5 à 15 heures
80°C	Moins de 4 heures.

D'après une courbe de White et coll. (1964) dans "Honey-a comprehensive survey" (21).

5 - Enzymes, et pouvoir antibactérien.

a - Enzymes : amylase et invertase.

Que ce soit pour l'amylase ou l'invertase, la diminution est de beaucoup plus importante à la température ambiante qu'à 14°C. L'invertase est toujours plus sensible que l'amylase (37) (97) (voir planche n° 8).

Les miels d'Erica, ayant une acidité totale importante, montrent une diminution en amylase et en invertase, au cours de la conservation, plus accentuée que pour les autres miels (37).

La plupart des miels pasteurisés ne possèdent plus de trace d'invertase après un an de conservation. Concernant l'amylase, les pourcentages de destruction sont très voisins de ceux observés pour les miels non pasteurisés (37).

b - Pouvoir antibactérien.

Il y a une diminution de l'ordre de 0,50 point après un an de vieillissement. Aucune différence n'a été notée entre un emmagasinage à température ambiante ou à 14°C (37).

6 - Qualités organoleptiques.

Au cours de la conservation, suivant la nature du conditionnement, il y a une perte plus ou moins importante en substances volatiles qui s'accompagne d'une diminution de la flaveur du miel.

Les modifications intervenant dans la composition chimique affectent aussi les qualités organoleptiques. Malgré l'absence d'une méthode rationnelle d'analyse sensorielle, on s'accorde pour dire, qu'avec le temps, le miel prend un goût de vieux caractérisé par une certaine amertume. Ces substances nouvelles sont probablement issues des réactions de Maillard (44).

7 - Conclusion sur le vieillissement.

Contrairement au vin, le miel ne s'améliore pas en vieillissant (44). Les dégradations, déjà importantes à température ambiante, sont extrêmes lorsque, comme cela est parfois le cas, le miel se trouve sous des hangars métalliques surchauffés en été (40) En fait, il y a souvent, là, volonté de l'apiculteur de retarder, au plus tard, l'apparition de la cristallisation, non appréciée par le consommateur.

La conservation est un impératif économique, surtout sous

Planche nº 8.

Temps de demie-vie de l'amylase et de l'invertase du miel en fonction de la température de chauffage.

Température de chauffage	Temps de demi-vie	
	Amylase	Invertase
10°C	12.600 jours	9.600 jours
20°C	1.480 jours	820 jours
25°C	540 jours	250 jours
30°C	200 jours	83 jours
32°C	126 jours	48 jours
35°C	78 jours	28 jours
40°C	31 jours	9,6 jours
50°C	5,38 jours	1,28 jours
60°C	1,05 jours	4,7 heures
63°C	16,2 heures	3,0 heures
70°C	5,3 heures	47 minutes
71°C	4,5 heures	39 minutes
80°C	1,2 heures	8,6 minutes

D'après White et coll. (1964) dans "Honey-a comprehensive survey" (21).

nos climats où la récolte est extrêmement variable, d'une année sur l'autre. Mais la durée d'emmagasinage ne devrait pas dépasser un an et s'effectuer à des températures comprises entre 10°C et 15°C (40).

Une directive européenne de Décembre 1978 portant sur l'étiquetage dans la CEE précise que la date limite de vente maximale d'un produit alimentaire périssable est de 18 mois, et, qu'elle doit être portée sur l'emballage. Jusqu'à ce jour, aucun décret ou arrêté d'application n'a été pris en France et, de plus, il n'est pas certain que le miel soit conc erné par cette législation.

C - Le chauffage.

1 - Coloration.

A la suite du chauffage, l'augmentation de couleur d'un miel, comme pendant le vieillissement, est la conséquence de la formation de substances mélanoïdes dues à l'interaction des acides aminés et des sucres (réactions de Maillard).

L'accroissement de densité optique est directement proportionnel à une augmentation soit de la température, soit du temps de chauffage. Ainsi, un chauffage à 80°C pendant quelques heures équivaut un chauffage à 35°C durant quelques semaines (16).

2 - HMF.

L'augmentation de sa teneur est très sensible au chauffage (voir planche n° 7).

Mais le facteur temps et le facteur température sont tous les deux nécessaires pour provoquer la formation d'HMF en grande quantité. La pasteurisation (78°C pendant quelques minutes) provoque une augmentation du taux d'HMF pratiquement négligeable (47). De même, la conservation à 14°C d'un miel est possible pendant plusieurs années sans atteindre le taux maximum permis de 40 mg/kg (40).

Par comparaison, signalons qu'un chauffage à 50°C pendant quelques jours a la même influence qu'une température de 20°C appliquée pendant quelques mois (16).

3 - Enzymes et pouvoir antibactérien.

a - Enzymes : amylase et invertase.

Comme le montre la planche n° 8 et les résultats de la pasteurisation (47), l'inactivation de l'amylase n'est vrai-

ment sensible qu'à haute température. Ainsi, à 78°C pendant 10 minutes, 25 % de l'amylase est détruite contre quelques pour cent à 65 à 70°C. Plus le pH est faible, plus la diminution de l'amylase est importante, lors du chauffage (47).

L'invertase est plus sensible que l'amylase au chauffage (voir planche n° 8). Un chauffage à 65°C pendant 10 minutes fait chuter de 20 % la teneur en invertase (47). Contrairement à l'amylase, il semble que la perte d'invertase ne soit pas liée au pH mais soit d'autant plus importante que l'acidité totale est plus forte (47).

b - Pouvoir antibactérien.

Comme nous l'avons vu précédemment, l'essentiel du pouvoir antibactérien est le résultat d'une action enzymatique. La sensibilité de ce système, et notamment de la glucose-oxydase, à l'action du chauffage est comparable à celle de l'amylase et de l'invertase (21).

Il n'en demeure pas moins que la réponse du pouvoir antibactérien à un chauffage est extrêmement variable suivant les miels, et, les auteurs.

Pour Gonnet et Lavie (1960) (46), après le chauffage d'un miel à 80°C pendant une demi-heure, l'activité résiduelle du pouvoir bactériostatique varie beaucoup d'un échantillon à l'autre et tombe à un minimum, presque équivalent pour tous les miels après une heure de chauffage.

D'après Chambonnaud (1968) (15), le chauffage à 56°C est insuffisant pour détruire toutes les substances antibactériennes, du moins, dans un laps de temps inférieur à 2 heures. L'essentiel du pouvoir antibactérien est détruit par un chauffage à 75°C pendant près d'une heure. A 100°C, il y a une inactivation brutale et totale, dans tous les cas. Au-dessus de 100°C (20 minutes à 120°C), le miel acquiert un pouvoir antibactérien très supérieur à la valeur initiale. Les solutions de saccharose se comportant de manière identique, il en conclut qu'il y a alors formation de substances différentes de celles responsables de son activité naturelle.

Dans la pratique, il faut retenir que, pour avoir une diminution sensible du pouvoir antibactérien, il est nécessaire de porter le miel à une température supérieure à 50 à 60°C environ.

4 - Conclusion sur le chauffage.

Le miel, comme nous l'avons vu précédemment, a une faible

chaleur spécifique alliée à une mauvaise conductibilité thermique. Il faut donc prendre de grandes précautions, lors des divers traitements thermiques, pour éviter les surchauffes locales. Les résistances électriques non thermostatées, les récipients métalliques sur une rampe de gaz ou un feu de bois sont malheureusement d'usage fréquent (40).

Le chauffage ayant, en première approximation, la même action sur le miel que le temps, la conjugaison de ces deux facteurs peut aboutir rapidement à rendre un miel impropre à la consommation.

D - Altérations provoquées par les divers agents atmosphériques.

1 - Humidité de l'atmosphère.

Nous avons précédemment exposé l'influence de l'humidité de l'atmosphère sur la teneur en eau du miel. Dans la pratique, il doit être conservé dans des récipients hermétiques et remplis. Il ne faut jamais laisser le miel dans des fûts ou dans des maturateurs ouverts dans un local humide. De même, lors de la récolte, si l'on ne procède pas immédiatement à l'extraction, il faut conserver le miel en rayon à l'abri de l'humidité (44).

2 - Oxygène de l'air.

Les oxydations qui se produisent dans le miel sous l'action de l'oxygène de l'air ne sont vraiment importantes que lors de certaines opérations technologiques (diverses centrifugations, pompages, constitution de mélanges...) durant lesquelles il y a incorporation de multiples bulles d'air, aboutissant ainsi à l'obtention d'une véritable émulsion du miel.

3 - Rayonnements électromagnétiques.

White et coll. (1964) (21) ont montré que sur certains miels, les rayonnements visibles (425-525 nm notamment) détruisent l'activité de la glucose-oxydase sur la plupart des miels.

Chambonnaud (1968) (15) aboutit à la conclusion, qui demande tout de même à être vérifiée, que sur le miel les rayons ultraviolets détruisent une partie du pouvoir antibactérien mais dans le même temps, produisent des réactions photochimiques entraînant l'apparition de substances nouvelles qui donnent au miel une activité antibactérienne artificielle.

Les ultrasons ont sur le miel un effet que l'on peut comparer, en schématisant à l'extrême, à la pasteurisation (16). La recherche, en vue d'une application technologique, est en cours aux USA où un brevet a été déposé.

IV - CONCLUSION SUR L'INSPECTION SANITAIRE DU MIEL.-

Sur le plan hygiénique, la maîtrise des altérations provoquées par le chauffage et le vieillissement, passe par une quasi interdiction du conditionnement par l'apiculteur.

Concernant la pollution chimique des miels, les pollutions agricoles (produits phytosanitaires) et industrielles (fluor, arsenic...) sont justiciables, globalement, des mêmes mesures de protection qui s'appliquent à toutes les denrées alimentaires, qu'elles soient d'origine végétale ou d'origine animale. Néanmoins, actuellement, le problème majeur qui se pose, en matière de pollution chimique du miel, vient de la présence de résidus d'antibiotiques.

Avec l'arrêté du 20 Novembre 1980, qui interdit la commercialisation des produits d'origine animale contenant des résidus d'antibiotiques, les moyens législatifs existent qui vont peut-être permettre d'éviter que la "foudre des organisations de consommateurs ne s'abatte un jour sur le miel" !

Cependant, le miel est une production, en France, plus que marginale et, à ce titre, tous les membres de la profession (apiculteurs, mais aussi chercheurs, négociants...) sont très liés. Il en résulte que la recherche en vue d'une détection aisée, en laboratoire, des traces d'antibiotiques est inexistante.

Sur le plan pratique, un seul laboratoire est agréé par le Service de la Répression des Fraudes, c'est le laboratoire de recherche apicole de Nice qui dépend des Services Vétérinaires. La station apicole de l'INRA de Bures-sur-Yvette, ainsi que certains laboratoires du secteur privé ou coopératif, procèdent aussi à des analyses de miel qui portent essentiellement sur sa composition, la détection des falsifications par adjonction ou portant sur l'origine du miel.

C I N Q U I E M E C H A P I T R E

*

LA TECHNOLOGIE DU MIEL

-o-o-o-o-

La technologie du miel commence lorsque les cadres, qui soutiennent les rayons de miel, sont extraits des ruches. Le miel est ou peut être l'objet de diverses opérations entre sa récolte et sa consommation (voir planche n° 9). En effet, certains traitements sont loin d'être impératifs. Le miel ne pose pas de problèmes technologiques majeurs. On peut même considérer, que l'abeille nous le livre déjà conditionné, sous la forme du rayon de miel.

Le développement de la technologie du miel est essentiellement dû à des travaux nord-américains (11)(92). Certaines opérations qui nécessitent de grands tonnages pour être rentables, sont rarement effectuées par l'apiculteur qui conditionne lui-même sa production, aussi un distinguo a été effectué.

I - OPERATIONS GENERALEMENT EFFECTUEES PAR L'APICULTEUR.-

A - Ajustement de la teneur en eau dans les hausses.

L'abeille, dans la majorité des cas, opercule les cellules à miel lorsque la teneur en eau atteint une valeur de 17 % à 18 % (16). Mais, pour diverses raisons : miel operculé avec une grande teneur en eau (année humide ou forte miellée (61)), rayons placés en atmosphère humide, extraction de miel de rayons non operculés, le miel, à la sortie de l'extracteur, a souvent une teneur en eau supérieure à 18 % ; d'où les risques de fermentation.

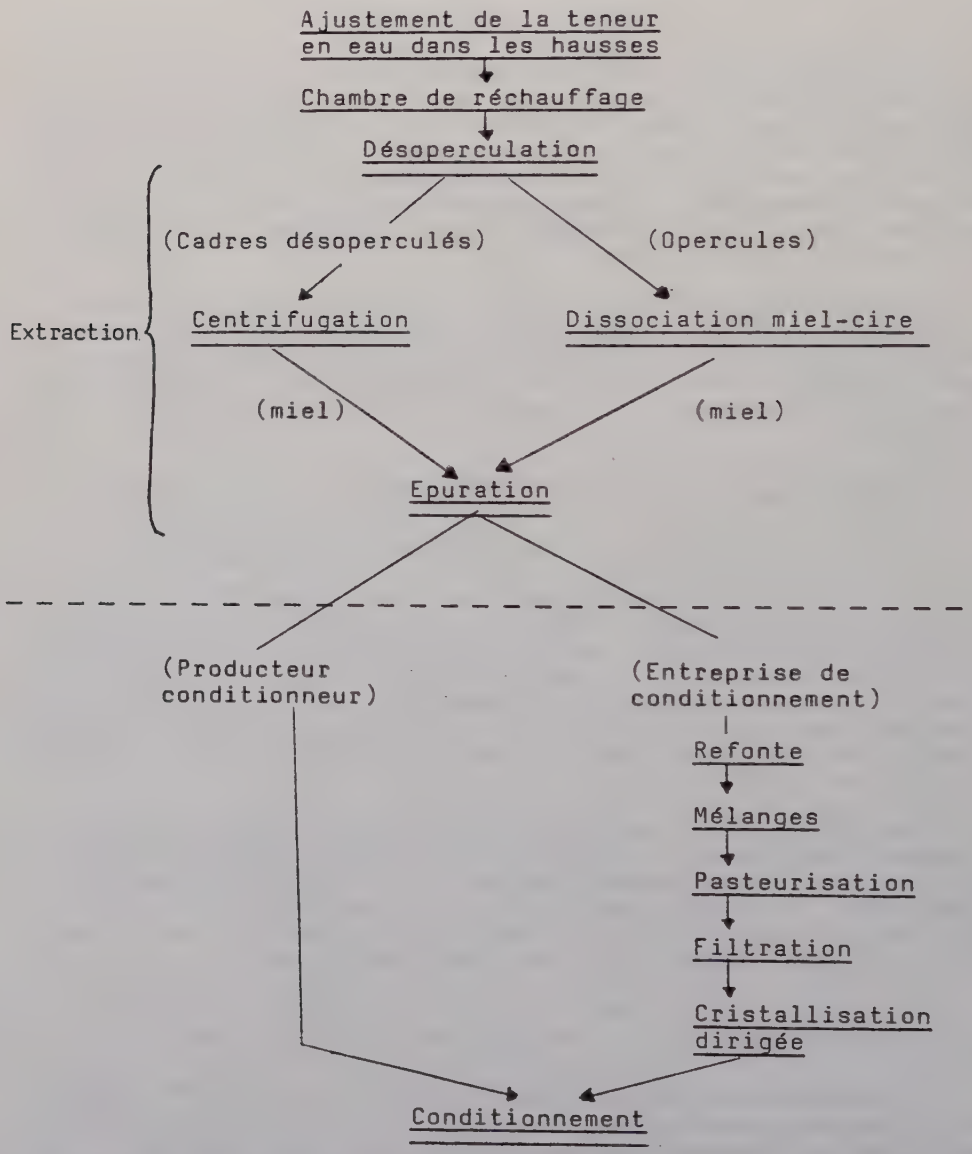
Une expérience, qui date de 1941 (21), a montré qu'en faisant circuler entre les rayons de l'air à 33 % d'humidité relative, à une température de 38°C et à une vitesse de 250 m/min, il était possible, en 12 h, de diminuer de 0,7 % la teneur en eau du miel contenu dans une cellule operculée et de 3,1 % si la cellule n'est pas operculée.

Rappelons que le degré optimum d'humidité relative de l'air pour déshydrater un miel semble compris entre 0 et 20 %.

L'application de ce procédé nécessite la mise en place d'une chambre spécialement conçue. L'apiculteur, en utilisant ce principe, dispose d'un moyen technique beaucoup plus facile à mettre en oeuvre. Au bas d'une pile de hausses, il dispose

Planche n° 9

Schéma général et simplifié des différentes étapes en technologie du miel



Les opérations soulignées de deux traits sont primordiales.

une résistance électrique thermostatée à 35°C et un ventilateur. On peut, avec ce système, diminuer la teneur en eau du miel de 1 à 2 % par 24 h (61).

B - Chambre de réchauffage.

A partir de 35°C environ, la chute brutale de la viscosité, fait que l'on cherche à obtenir et à maintenir cette température durant tout le travail du miel. Certes, il y a des conséquences sur la qualité du miel, mais, il est à remarquer que c'est à peu près la température du nid à couvain de la ruche (61). Dans cette optique, on pratique parfois le chauffage des hausses pour faciliter l'extraction. On maintient ces dernières, pendant un à deux jours, dans une pièce où la température avoisine 40°C. Une étude canadienne a montré que ce procédé ne provoque pas d'augmentation de couleur et du taux d'HMF, du moins de manière très sensible (93).

Cette opération, coûteuse économiquement, n'a d'influence sur la facilité de l'extraction que durant les premières minutes. L'évacuation des dernières parties, pondéralement très faibles, demande autant de temps à froid qu'à chaud. Le réchauffage des hausses ne diminue donc pas le temps d'extraction (16). La justification demeure néanmoins pour les opérations situées en aval de l'extraction et surtout pour l'apiculteur, qui utilise un transfert par canalisation du miel entre les différents postes.

C - Extraction.

1 - Remarques préliminaires.

Il faut signaler que l'apiculteur commercialise parfois des rayons de miel. Le décret du 22 juillet 1976 définit le miel de rayon comme : "Le miel emmagasiné par les abeilles dans les alvéoles operculées de rayons fraîchement construits par elles-mêmes, ne contenant pas de couvain, et, vendu en rayons entiers ou non". Il existe toute une technologie pour l'obtention des rayons de miel commercialisables (21). Le miel de rayon est le seul qui conserve toutes ses qualités organoleptiques car, depuis sa confection par les abeilles, il est protégé par une enveloppe de cire.

L'extraction est l'opération qui consiste à prélever le miel du rayon. Actuellement, la centrifugation est la technique d'extraction qui est presque exclusivement employée dans le monde. Le décret du 22 juillet 1976 définit le miel centrifugé comme : "Le miel obtenu par centrifugation des rayons désoperculés et ne contenant pas de couvain".

Mais il existe d'autres modes d'obtention du miel. Le décret du 22 juillet 1976 autorise le miel pressé qui est :

"Le miel obtenu par pressage des rayons ne contenant pas de couvain, sans chauffage ou avec chauffage modéré". Ce principe n'est plus guère appliqué, mais garde encore sa justification chez le propriétaire de une ou deux ruches. Les rayons, coupés en morceaux, sont mis dans une pièce de tissu que l'on presse afin que le miel filtre au travers. Un moyen technique, encore plus radical, est la fonte du rayon qui permet de recueillir le miel et la cire fondue, surnageante. Cette méthode est très employée en Afrique où peut être utilisée l'Energie solaire. Nous verrons plus loin ce qu'il faut penser de la fonte de la cire en présence du miel.

2 - Désoperculation.

Dans la ruche, on distingue principalement trois types de cellules (voir planche n° 10) :

- Les cellules contenant le couvain, c'est-à-dire les oeufs, les larves et les nymphes d'abeilles.
- Les cellules contenant le pollen nécessaire surtout à l'élevage du couvain.
- Les cellules contenant le miel.

Lors de la récolte on retire de la ruche seulement les rayons contenant du miel mais, il arrive parfois que ces derniers, notamment lorsqu'ils sont prélevés dans le corps de ruche, contiennent un peu de couvain ou de pollen qu'il ne faut pas incorporer au miel, car ils constitueraient des impuretés.

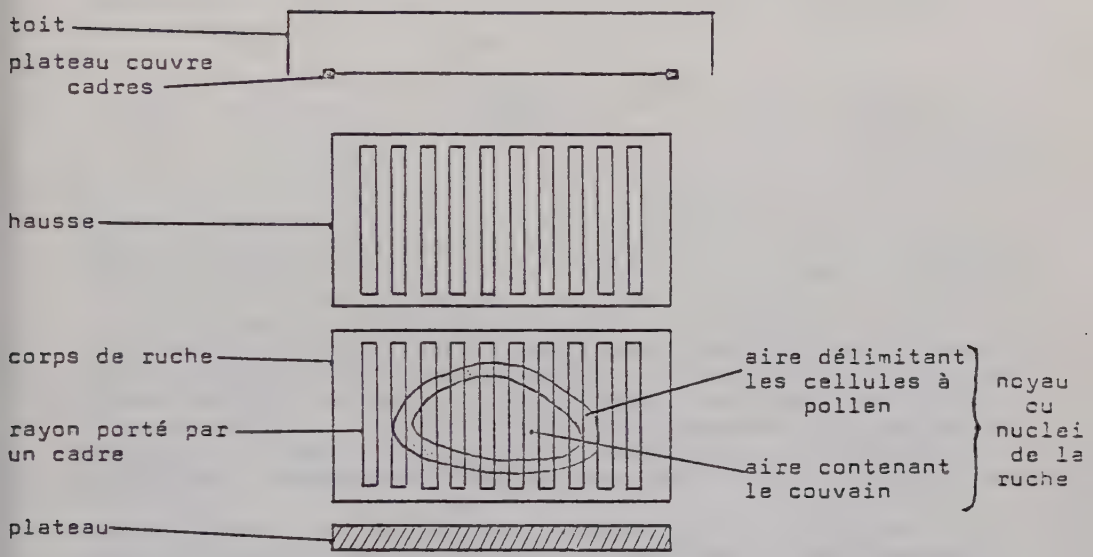
La désoperculation est l'opération qui consiste à décapiter les cellules de miel. On obtient les opercules, qui sont plus ou moins recouverts de miel et les "rayons désoperculés".

Elle s'effectue avec des couteaux à désoperculer, qui se manient à la main, cas le plus répandu, ou avec des machines à désoperculer. Imposées par la mécanisation, ces dernières, du fait de l'irrégularité de la surface du rayon et des différences d'épaisseur entre les rayons, ne doivent pas atteindre, trop en profondeur, les cellules ou laisser des zones non désoperculées. Certaines machines provoquent un véritable hachage des opercules et la cire se trouve, ainsi, sous forme de petites particules, incorporées au miel.

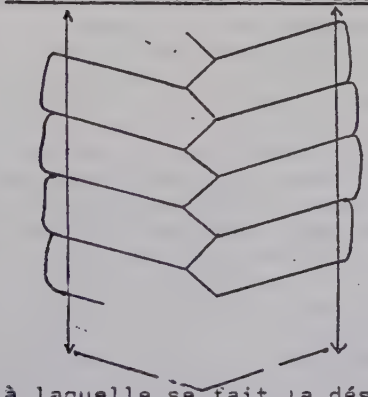
Des rayons désoperculés s'écoule le miel par gravitation. Ce miel, comme celui qui file des opercules, ne possède pas les inconvénients du miel centrifugé. Le décret du 22 juillet 1976 distingue ce miel qu'il qualifie de miel égoutté ; c'est : "Le miel obtenu par égouttage des rayons désoperculés

Planche n° 10

Schémas simplifiés d'une ruche et d'un rayon



Coupe verticale d'une ruche



profondeur à laquelle se fait la désoperculation

Coupe verticale et perpendiculaire au plan principal d'une portion de rayon

ne contenant pas de couvain". Malgré une intention louable, la mise en pratique sur le plan commercial, est actuellement impossible.

3 - Centrifugation.

a - Cas général.

1°) Caractéristiques techniques.

Une étude scientifique d'ensemble manque sur ce mode d'extraction. En effet, le rendement de l'extraction centrifuge varie entre 95 et 99 % du miel contenu dans un cadre désoperculé (67).

Suivant la position du plan principal du cadre par rapport à la force centrifuge, on distingue essentiellement deux types d'extracteurs : les tangentiels dans lesquels la force s'exerce perpendiculairement aux cadres et les radiaires où la force passe dans le plan principal du rayon. Les extracteurs tangentiels, en considérant la position de la cellule par rapport au rayon, sont plus efficaces ; malheureusement, ils ne permettent généralement pas de traiter un grand nombre de cadres. Aussi, on leur préfère les radiaires, d'autant plus que pour certains modèles, les hausses, contenant les rayons désoperculés, peuvent être directement traitées.

L'extraction centrifuge se déroule en deux temps. Dans un premier temps relativement court, la grande majorité du miel est évacué des cellules. Le réchauffage des hausses, en diminuant la viscosité du miel, agit à ce niveau en ne nécessitant qu'une plus faible vitesse de rotation. Ensuite, l'égouttage des dernières fractions demande un temps très long, que les rayons aient été réchauffés ou non. Cette dernière période permet une vitesse de rotation plus importante liée à un allègement des cadres.

Des données déterminées scientifiquement sont inexistantes quant à l'intensité de la force centrifuge et à son temps d'application. Lavie et Louveaux (1961) (61), avec un extracteur radiaire à hausses, conseillent de commencer à 150 tours/min pendant 4 minutes pour terminer à 250 tours/min pendant 8 minutes. Jean-Prost (1972) (56), pour une extraction maximale, préconise une vitesse périphérique de la cage de 6 m/s pour les tangentiels et 10 m/s pour les radiaires. Le passage à l'extracteur, très variable, dure de 10 à 45 minutes selon l'appareil employé, la vitesse, le type de miel et sa température. Il va sans dire que ces données ne sont fournies qu'à titre indicatif.

Dans la pratique, on règle l'extracteur sur le nombre de tours par minute au delà duquel certains cadres commencent à se rupturer. La recherche du compromis doit être telle, que moins de 1 % des rayons ne se brisent (56). De manière empirique ou en établissant, lors d'une centrifugation, une courbe qui donne le poids de l'ensemble des cadres contenus dans l'extracteur en fonction du temps de centrifugation, l'apiculteur choisit une durée type de fonctionnement de l'appareil.

2°) Influence sur les caractéristiques du miel.

La centrifugation a pour effet d'augmenter la surface de contact entre le miel et l'air. Ce phénomène se produit, d'une manière importante et fugace, durant la centrifugation lors de la projection du miel en fines goutelettes sur la paroi de l'appareil. Ensuite, l'action se prolonge par incorporation de multiples bulles d'air dans le miel.

La conséquence première est la disparition d'une part importante des fractions volatiles qui participent à la flaveur du miel. Pour se persuader de l'ampleur de la modification, il suffit de déguster un miel de rayon et un miel centrifugé. Les réactions d'oxydation qui se produisent sous l'influence de l'oxygène de l'air ne sont pas connues avec précision.

De même, il serait important de connaître l'influence de l'atmosphère de la miellerie sur la modification de la teneur en eau du miel (16).

b - Les miels non Newtoniens : cas particulier du miel de Callune.

Nous ne traiterons pas de la technologie de certains miels d'Eucalyptus d'Afrique du Sud, qui sont qualifiés de filants. Sous l'action d'une agitation, ils se transforment en un gel et arrivent ainsi à bloquer l'extracteur (16).

Le miel de Callune, par ses propriétés qui s'apparente à la thixotropie, doit faire l'objet d'un traitement particulier avant la centrifugation. Le principe technique repose sur l'utilisation de pointes renflées à leur extrémité, qui pénètrent dans les cellules et effectuent un mouvement de va et vient. Les machines employées sont dénommées "émulsionneuses à pointe". Le rendement est imparfait car l'état de gel n'est pas totalement abandonné (16).

Une remarque doit être faite concernant le "miel de Bruyère" des Landes de Gascogne. C'est en fait un miel multi-

floral élaboré à partir de la Callune, dominante mais associée à d'autres Ericacées : Châtaignier, Bourdaine... Pour obtenir un miel de Callune pur, comme il a été défini par l'Itapi (Institut technique de l'apiculture) (55), l'apiculteur landais doit pratiquer la méthode de la double extraction. Après la désoperculation, les cadres sont centrifugés une première fois ce qui permet d'obtenir du miel "fluide" ; puis les cadres sont passés dans l'émulsionneuse à pointe et subissent une deuxième centrifugation qui permet d'obtenir le miel "thixotrope" (68).

Une deuxième méthode est utilisée pour extraire le miel de Callune. Elle consiste à effectuer une désoperculation poussée, quasiment jusqu'à la lame centrale du rayon. Le rayon qui supporte encore un peu de miel peut alors passer à l'extraction centrifuge sans traitement préalable. L'ensemble miel-cire, obtenu après la désoperculation, est traité soit par chauffage ce qui provoque la fonte de la cire soit par passage à "l'écrémeuse" ; ces deux opérations sont explicitées ci-après.

Certains apiculteurs, encore actuellement, fondent l'ensemble du rayon de miel de Callune ce qui aboutit à l'obtention d'un miel très dégradé.

4 - Dissociation miel-opercule de cire.

Cette opération pose de nombreux problèmes technologiques.

a - Tamisage.

1°) Egouttage.

L'utilisation de certaines machines à désoperculer qui réduisent les opercules en petites particules de cire, rend impossible cette opération.

Les opercules recouverts de miel sont tamisés. Pour cela, on recommande l'utilisation d'un tamis d'ouverture de maille de 5 mm ou d'un crible (tôle perforée) possédant des trous de 5 mm de diamètre (61). Les inconvénients majeurs de ce procédé technique sont une perte importante de temps et un mauvais rendement. L'égouttage laisse dans les opercules 2 % du miel extrait des ruches (56). Mais, en contre-partie, le miel ainsi obtenu n'a subi aucune dégradation.

2°) Sous haute pression; centrifugeuses et presses.

Les centrifugeuses sont très souvent employées. Leurs

avantages sont représentés par un débit élevé et un meilleur rendement que l'égouttage ; par contre, on peut leur faire le même reproche que pour l'extraction centrifuge, à savoir l'incorporation de bulles d'air (16).

Les presses à opercules ne sont plus guère utilisées.

Il n'en demeure pas moins que ces deux méthodes sont relativement inefficaces. Après traitement les opercules renferment encore 50 % de leur poids en miel (21).

b - Fonte de la cire.

Par un chauffage approprié, les opercules en cire sont fondus et la cire, ayant une densité moindre, monte à la surface du miel.

Les appareils qui mettent à profit ce principe technique sont les fondeurs d'opercules du type Brand. Ils se présentent sous la forme d'un grand bac dans lequel se trouvent, à une certaine hauteur, des résistances électriques (ou conduites de vapeur ou lampes à infra-rouge) qui fondent la cire et la maintiennent dans cet état.

Les avantages sont un fonctionnement en continu, le traitement de grandes quantités de miel et un rendement optimum.

Malheureusement, la haute température nécessaire pour liquéfier la cire (63°C) favorise l'altération thermique du miel caractérisée, en particulier, par des augmentations importantes de la teneur en HMF et de la coloration (93).

Cette fonte de la cire en présence du miel a aussi pour inconvénient d'augmenter la coloration de la cire (21).

Il est vraisemblable qu'il y a une modification des caractères organoleptiques du miel qui est consécutive à un échange de substances entre le miel et la cire, à haute température.

c - "Ecrémeuse".

Ces dernières années est apparue aux USA, une machine, qui utilise le principe des écrémeuses pour séparer le mélange intime miel-cire ; elle est commercialisée sous le nom de "Spinfloat Honey-Wax Separator".

Cette "écrémeuse" est un tambour en rotation à l'intérieur duquel arrive le mélange miel-cire. Sous l'action de la force centrifuge, la cire, sous la forme de petites particules

sèches, se rassemble à la surface du miel où elle est arrachée par des couteaux.

Cet appareil présente de nombreux avantages. Il évite une épuration ultérieure : le miel est débarrassé non seulement de toutes les impuretés, mais aussi des bulles d'air, sauf lors de la mise en marche. Toutefois, l'appareil ne fonctionne bien que si les opercules sont finement broyés aussi, son utilisation est-elle liée, nécessairement, à certaines machines à désoperculer. De plus, il est nécessaire de mélanger le miel provenant de l'extracteur avec l'ensemble miel-cire issu de la désoperculation afin de diminuer la proportion de cire dans le mélange. Tout le miel étant ainsi épuré, il s'ensuit une économie d'équipement pour l'apiculteur.

Enfin "l'écrémeuse" fonctionne en continu et a un rendement de 1400 kg par heure sous réserve que le mélange miel-cire soit à 43°C environ.

Les inconvénients liés à l'utilisation de cet appareil ne sont, malheureusement, pas encore très bien connus. Aucun travail scientifique n'a encore porté sur ce système et il n'existe, à ce jour, que deux appareils en service en France.

Des analyses devraient porter notamment sur les caractères organoleptiques suite au mélange intime miel-cire. De même, il semble nécessaire de contrôler s'il n'y a pas appauvrissement du miel en grains de pollen.

D - Epuration.

Qu'il sorte de l'extracteur ou qu'il provienne des opercules, le miel contient des impuretés représentées principalement par des particules de cire, des bulles d'air, puis, en quantité variable, par des débris d'abeilles, ou des fragments de bois... Rarement, fort heureusement, à la suite des négligences ou d'un manque de technicité de l'apiculteur, il est possible de rencontrer des débris de terre, des petites plaques de peinture, des fils de fer, des grains de sable...

Les différentes techniques d'épuration : filtration et décantation peuvent être employées conjointement.

I - Filtration.

a - Sous pression atmosphérique et à température normale.

C'est la pratique la plus simple à mettre en oeuvre : le miel passe sur une toile de fils métalliques ou synthétiques dont l'ouverture de maille doit être supérieure à 1/10ème de mm (16).

Il en existe de nombreux modèles sur le marché. Le plus connu est le filtre type OAC (Ontario Agriculture College) constitué par quatre grands paniers filtres emboîtés les uns dans les autres. L'ouverture de maille va en diminuant de l'intérieur vers l'extérieur, c'est-à-dire dans le sens de la progression du miel, qui est ensuite recueilli après passage par un syphon. Ce filtre statique, simple, efficace, ayant un bon rendement et d'un nettoyage facile, est très employé Outre-Atlantique (21).

b - Centrifugeuses.

Bien souvent, ce sont les mêmes appareils que ceux utilisés pour séparer le miel des opercules de cire, l'apiculteur se contentant de changer les paniers filtres intérieurs.

Ils sont justiciables des mêmes critiques et l'inconvénient majeur est l'incorporation d'air au miel.

2 - Décantation.

a - Miel au repos.

C'est une technique universellement employée, et plus connue en apiculture sous le terme incorrect de maturation. En effet, le miel n'a à subir aucune maturation après son operculation par l'abeille et il n'y a pas de réactions enzymatiques ou chimiques particulières à cette opération (16).

Le principe technique est le déplacement dans le miel non cristallisé des particules figurées et des bulles d'air. Le sens du déplacement, dans le maturateur, dépend de la densité de l'impureté par rapport au miel. Dans la pratique, cette méthode d'épuration n'intéresse que les particules lourdes ou légères de dimensions importantes. En effet, la formule de Stockes, appliquée à un grain de pollen, montre que sa vitesse de déplacement n'est que de un cm par mois environ (35).

Cette méthode n'est pleinement efficace que si le miel est à la température de 35 à 40°C, pour laquelle la viscosité est très diminuée. Ainsi, le miel soumis à une maturation pendant une à deux semaines à la température de 35°C, ne cristallise pas dans le maturateur et acquiert une remarquable limpidité (61). Il est indéniable qu'une telle pratique porte atteinte à la qualité du miel. Cependant, l'augmentation de coloration n'est pas perceptible à l'oeil (61) et l'augmentation d'HMF, à cette température qui est celle de la ruche, est raisonnable : quelques mg/kg.

"L'écrémeuse" précédemment décrite peut être assimilée dans son fonctionnement, à une sédimentation sous haute pression.

b - Miel en mouvement.

Le transvasement avec un siphon d'un miel à une tempéra-de 30 à 40°C est souvent utilisé. Les appareils employés se présentent sous la forme d'un long bac, légèrement incliné, muni de cloisons réglables en hauteur. De par l'inclinaison, le miel passe d'un compartiment à l'autre, soit par le bas de la cloison (il se défait donc d'une partie des impuretés "légères", les plus nombreuses), soit par le haut (décantation des impuretés "lourdes").

II - OPERATIONS GENERALEMENT EFFECTUEES PAR UNE ENTREPRISE DE CONDITIONNEMENT.-

Un certain nombre d'opérations techniques ne sont généralement pas accomplies par l'apiculteur, car elles nécessitent, comme pour la pasteurisation, un minimum de 1000 tonnes par an pour être rentables.

Tous les traitements technologiques que nous allons envisager sont indépendants les uns des autres et ne sont pas impératifs. Leur utilisation dépend des caractéristiques du miel à traiter et du produit que veulent obtenir les entreprises de conditionnement privées ou coopératives.

Ces procédés technologiques, mis au point en Amérique du Nord, sont peu appréciés en Europe à cause de différences sur la conception du miel. Mais les circuits modernes de distribution de cette denrée, rendent leur utilisation indispensable.

A - Refonte.

La refonte est nécessaire car le miel livré par l'apiculteur est souvent plus ou moins cristallisé dans les fûts.

D'une étude ancienne sur la fonte du miel cristallisé contenu dans un récipient métallique et placé à l'intérieur d'une étuve chauffante, il ressort que le miel situé à la périphérie est à 70°C alors que celui qui est au centre du fût est à 20°C et cela pendant trois heures (70).

Aussi on préfère, pour éviter les dégradations, utiliser le principe de l'écoulement continu. Dans une chambre de refonte où existe une circulation forcée d'air chaud à 60 à 70°C, les récipients, ouverts à leur partie supérieure, sont placés en position renversée sur des grilles et au-dessus de bacs. Ainsi le miel s'écoule, une fois liquéfié, en évitant toute surchauffe locale. Souvent, afin d'accélérer la refonte, les fûts sont préchauffés dans une enceinte à 40°C (11) (92).

B - Remarque sur le transfert du miel.

Entre les différents postes de traitements le miel est transporté dans des canalisations. Cette solution technique, adoptée par de nombreux apiculteurs, nécessite quelques précautions du fait de la viscosité particulière du miel. Rappelons que cette dernière, en dehors de la teneur en eau, est fonction de la température.

Le miel doit donc circuler dans les canalisations principales à une température voisine de 40°C. De nombreux systèmes existent pour maintenir ou porter le miel à cette température. Les cuves à double paroi sont répandues. Un appareil peu dégradant pour le miel (21), est très utilisé en Amérique du Nord pour le réchauffage. Il se présente sous la forme d'une longue canalisation d'eau chaude dans laquelle sont contenus de nombreux petits tubes où circule le miel.

Pour les canalisations on recommande un diamètre de 3,5 à 8 cm (67). Mais pour éviter les frictions, il faut que le diamètre des conduites soit supérieur à celui des orifices d'entrée et de sortie des pompes (21). En dehors des critères économiques il faut remarquer qu'une conduite en acier inoxydable supporte de grandes pressions et qu'une conduite en verre permet de suivre la progression du miel.

Un des problèmes techniques les plus importants qui se pose aux conditionneurs est l'incorporation d'air dans le miel. Ce phénomène est, en partie, dû aux pompes. Lorsque le miel n'arrive pas assez vite dans la pompe il y a formation d'un vide partiel qui se traduit par l'incorporation d'air à travers les divers joints. Certaines précautions, en dehors de la température du miel, permettent de limiter ce phénomène (21) :

- Les pompes doivent être conçues pour les produits visqueux.
- Elles seront choisies surdimensionnées.
- Elles ne doivent pas tourner à plus de 40 tours par minute, la vitesse se réglant en appréciant avec un manomètre la dépression causée en amont de la pompe.
- On veille à ce que le miel parvienne à la pompe par gravité et non par aspiration.

Des sécurités sont nécessaires, au niveau des pompes (pressostats, "by-pass"), pour éviter une brusque augmentation de pression dans la chaîne qui ferait suite, soit à une baisse même faible de la température, soit au colmatage d'un filtre. Des pompes permettant une mise sous pression jusqu'à 6 à 8 kg par cm^2 sont nécessaires, en amont de certaines

opérations, comme la pasteurisation ou la filtration. Plus généralement, on les choisit suivant les appareils en fonctionnement et les canalisations (longueur, diamètre) (11) (92).

C - Ajustement de la teneur en eau.

Dans certains pays, comme en Nouvelle-Zélande, les miels possèdent fréquemment un taux d'humidité élevé qui risque de s'accompagner de fermentation (33). Aussi, des chercheurs néo-zélandais, Paterson et Palmer-Jones (83), ont fabriqué un appareil qui permet de diminuer la teneur en eau des miels. Le principe technique est la condensation de la vapeur d'eau qui se dégage du miel sous vide partiel et sous l'action du chauffage. Cet appareil, qui fonctionne en continu, permet d'abaisser de 2 % la teneur en eau de 2,5 tonnes de miel en huit heures.

Son usage est toutefois limité, car la diminution de la teneur en eau est plus aisée lorsque le miel est encore en rayon. D'autre part, il est souvent possible d'ajuster, au moyen de mélanges de différents miels, la teneur en eau au niveau souhaité.

D - Les mélanges.

1 - Intérêt.

a - Caractères organoleptiques.

Les mélanges se justifient, tout d'abord, par le fait que tout conditionneur, d'une certaine importance, se doit de fournir un produit standardisé. Or, les qualités organoleptiques, de manière encore plus nette pour un miel multifloral, sont très différentes d'un rucher à l'autre.

De plus, certains miels unifloraux, au goût désagréable ou trop prononcé, comme les miels de Châtaignier, de Thym, sont souvent l'objet de "coupages".

b - Coloration.

La coloration est un caractère qui a une grande importance pour le consommateur. La sensibilité de l'oeil humain étant fonction du logarithme de l'intensité de la couleur, il en résulte que, dans un miel clair, l'adjonction d'une très petite quantité de miel foncé augmente de manière importante la coloration. Par contre, pour éclaircir un miel foncé une très grande quantité de miel clair est nécessaire (6).

c - Ajustement de la teneur en eau.

L'ajustement de la teneur en eau n'est pas le but essentiel de la constitution d'un lot. Mais les conditionneurs fixent un taux d'humidité, ne serait-ce que pour respecter la législation en la matière.

La teneur en eau a, de plus, une grande influence sur les caractères organoleptiques du miel (68) (83).

2 - Moyens techniques.

En général, au sortir de la chambre de refonte, le miel est dirigé dans des grandes cuves à double paroi, empruntées généralement à l'industrie laitière ; il y est maintenu, par circulation d'eau chaude, à une température voisine de 40°C. Le brassage est assuré pendant quelques heures par des agitateurs, à hélice ou à palette, qui tournent à des vitesses réduites de 10 à 20 tours par minute pour éviter l'incorporation d'air.

E - Pasteurisation.

Elle constitue, pour le miel, l'opération technologique majeure.

1 - Cas général.

a - Critiques de la pasteurisation.

1°) Avantages.

a) Fermentation.

La pasteurisation permet d'éviter la fermentation du miel, et ce, qu'elle que soit la teneur en eau. Ce traitement thermique est utilisé depuis longtemps en Amérique du Nord pour obtenir une "stérilité commerciale" du miel (11) (92). Une température de 78°C maintenue pendant un minimum de deux minutes est suffisante pour l'obtenir (47).

b) Cristallisation.

La destruction des cristaux est complète après une pasteurisation normale (78°C pendant 6 à 10 minutes) qui permet donc de liquéfier complètement un miel.

Mais cet état n'est pas définitif. Comme nous l'avons vu précédemment, des constituants figurés peuvent servir de modèle à une cristallisation. Ce sont notamment les grains de pollen, diverses poussières... De plus, l'aptitude à la

cristallisation (ou à la recristallisation) d'un miel dépend surtout de sa composition. Le rapport glucose sur eau (G/E) permet de distinguer les miels à cristallisation très lente ($G/E \leqslant 1,70$) des miels à cristallisation très rapide ($G/E \geqslant 2$) (47).

Dans la pratique, le maintien de l'état liquide, après pasteurisation, dépend tout d'abord de la propreté du miel. L'importance des noyaux de cristallisation a été soulignée par de nombreux auteurs (21) (47). Nous avons, nous-même, fait cette observation : un miel contenant de nombreuses impuretés, et ayant un rapport G/E compris entre 1,8 et 1,9 (imprécision de la méthode d'analyse), recristallise rapidement, dans un délai de deux à trois mois.

Ensuite, intervient la composition du miel. Un miel de Lavande ($G/E \simeq 2,00$) ne peut pas être conservé liquide plus de un an et cela, quelle que soit la température de conservation (14°C ou 20°C) (47). A l'opposé, un miel à cristallisation très lente, comme le miel d'Acacia ($G/E \simeq 1,6$), n'est pas affecté par la pasteurisation.

En troisième lieu, intervient la température de conservation. Pour le miel de Lavande, l'état liquide peut être maintenu seulement six mois à 14°C (température optimale de cristallisation). La durée est de un an à température ambiante (20°C) (47).

Toutes ces données ne sont valables que pour l'Europe, car en Amérique du Nord, avec l'utilisation de techniques de filtration poussée, le maintien de l'état liquide est permis sur de très longues périodes (92).

c) Facilité de certaines opérations technologiques.

En détruisant tous les cristaux, la pasteurisation permet de rendre plus efficace la cristallisation dirigée.

Egalement, certaines filtrations, s'effectuent à température élevée (supérieure à 70°C).

2°) Inconvénients.

a) Modification des caractères chimiques

Nous n'envisagerons que les caractères faisant l'objet d'une modification systématique et mesurable.

+ HMF

Lors de la pasteurisation, le changement de la teneur en HMF, s'il se produit, va toujours dans le sens d'une augmentation. Cette augmentation, très variable suivant les miels, est en moyenne de 3 mg/kg, avec des maximum pouvant atteindre 6 mg/kg. On peut considérer cet accroissement de la teneur en HMF comme négligeable (47).

+ Enzymes.

L'invertase, très sensible, voit après une pasteurisation, sa teneur chuter de manière très importante. Cette diminution est surtout liée à la température de pasteurisation, comme le montre la courbe tracée à partir de l'étude de miels de Lavande (voir planche n° 11). Cette destruction de l'invertase, non identique pour tous les miels, semble liée à l'acidité totale et, peut-être, à la teneur en eau et au pH (47).

La destruction de l'amylase est moins importante que celle de l'invertase. Cependant, une pasteurisation prive environ tous les miels de 25 %, au minimum, de leur quantité initiale d'amylase. Comme le montre la courbe (voir planche n° 11) qui se rapporte aussi à un miel de Lavande, la diminution de l'activité, outre la température, dépend aussi fortement du temps de pasteurisation. La perte d'activité est plus forte pour les miels qui ont le pH le plus bas (47).

+ Pouvoir antibactérien.

Une pasteurisation normale (78°C pendant 6 à 10 minutes) fait chuter le pouvoir antibactérien des miels, sur l'échelle de Dold et Witzenhausen, de 0,50 à 1 point pour une valeur des témoins non pasteurisés de 4 à 5 points (47).

b) Modification des caractères physiques.

+ Coloration.

Il n'y a pas d'augmentation de la couleur après une pasteurisation, du moins, dans la limite de sensibilité des appareils de mesure employés (47).

+ Cristallisation.

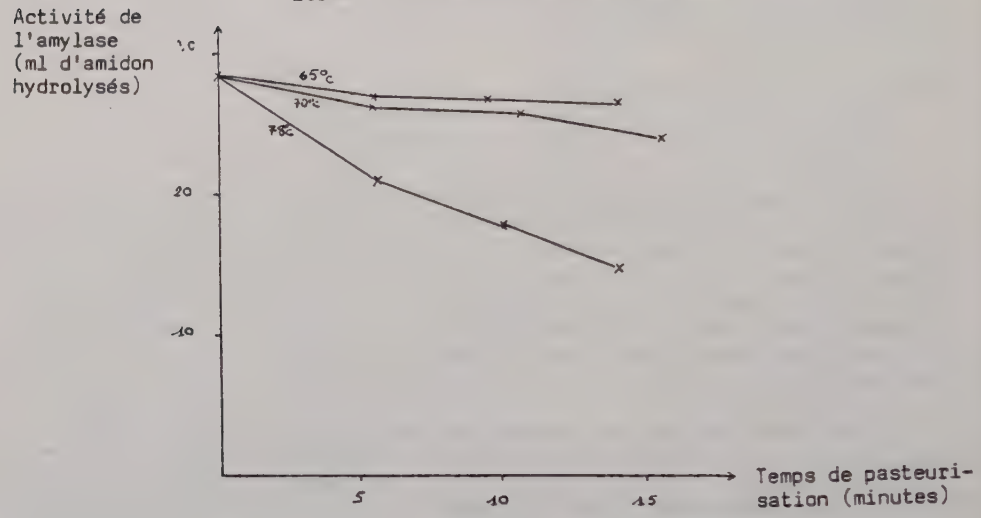
Un des inconvénients majeurs, surtout pour les miels à haut potentiel de cristallisation, réside dans la nature de la texture que prend la cristallisation. Du fait de l'absence quantitative de modèles de cristallisation, il y a formation de gros cristaux. Ces derniers se rassemblent au fond du

Planche n° 11

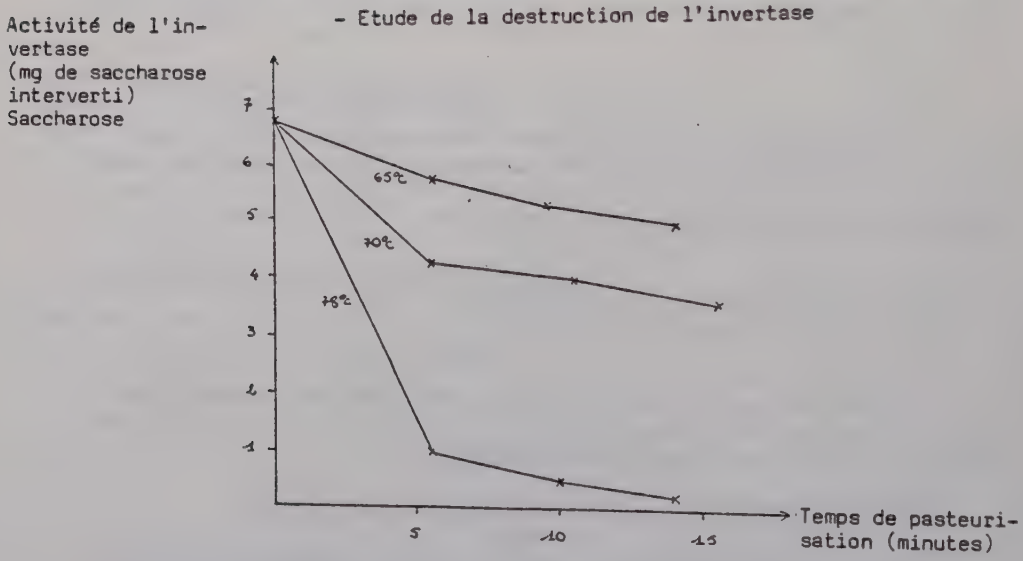
Influence de la pasteurisation sur la destruction de l'amylase et de l'invertase

Le miel étudié est à dominance Lavande.

- Etude de la destruction de l'amylase



- Etude de la destruction de l'invertase



D'après Gonnet et Coll. (1964) (47).

récipient et il y a apparition d'une phase liquide foncée surnageante. Le miel a alors un aspect très fâcheux. Les témoins non pasteurisés présentent, eux, une cristallisation plus fine.

3°) Conclusion sur l'intérêt de la pasteurisation.

a) Amérique du Nord.

La pasteurisation y est presque systématique pour les trois raisons suivantes qui permettent :

- d'éviter la fermentation.
- d'effectuer une filtration poussée.
- soit de maintenir l'état liquide, soit de fabriquer du"miel crème".

Ce traitement est considéré comme valorisant et la législation ne fait pas mention de la teneur en HMF, en enzymes, ni de la valeur du pouvoir antibactérien ; ce qui importe, c'est la limpidité et la clarté du miel.

b) Europe.

La pasteurisation ne peut pas se justifier pour la seule prévention de la fermentation.

Pour son action sur la cristallisation, il est possible de distinguer trois catégories de miel. Pour les miels à cristallisation lente ($G/E \leqslant 1,7$) la pasteurisation n'a que peu ou pas d'intérêt. Pour ceux à cristallisation rapide ($G/E \geqslant 2,0$) elle n'a de justification, en considérant les risques de recristallisation grossière, que si elle s'accompagne du réensemencement cristallin. Pour tous les autres miels ($1,7 < G/E < 2,0$), elle permet de maintenir l'état liquide, un minimum de huit mois, sous réserve d'une bonne propreté du miel. Mais la pasteurisation s'accompagne d'une telle dégradation au niveau des enzymes, que, ajoutée aux pertes dues aux chauffages successifs et à la durée de conservation, elle peut rendre le miel impropre à la consommation, au vue de la loi européenne.

b - Mise en oeuvre de la pasteurisation.

1°) Analyse des miels.

Il apparaît nécessaire de procéder à une analyse sommaire des miels comprenant, au minimum, le dosage du glucose (la méthode de Bougault étant suffisante) et la teneur en eau, surtout pour les entreprises de conditionnement européennes qui

travaillent sur des miels très hétérogènes.

2°) Matériel employé.

Actuellement l'usage du pasteurisateur à plaque du type APV, couramment employé dans l'industrie laitière, permet un chauffage homogène et un refroidissement rapide du miel. Les autres pasteurisateurs et les cuves munies d'un serpentin sont abandonnés.

Pour obtenir une bonne propreté du miel, la filtration au moyen de filtres à ouverture de maille de 0,1 mm et le dépoussiérage, à l'air comprimé, des récipients de conditionnement du miel, semblent des conditions minimales lorsque le maintien de l'état liquide est recherché.

2 - Cas du miel de Callune.

a - Caractères particuliers.

Le vieillissement a pour effet d'augmenter l'état de gel du miel de Callune (60).

Le chauffage, à des températures voisines de 35 à 40°C, a la même action (60). Mais, à une température plus élevée (65°C), il y a coagulation des protéines qui se traduit par un gel irréversible, même après agitation (16).

La fermentation des miels de Callune est fréquente du fait de leur teneur en eau élevée. De plus, ce phénomène est favorisé par les bulles d'air incorporées pendant l'extraction et qui ne peuvent remonter à cause de l'état de gel (60).

La cristallisation du miel de Callune est très particulière car elle se présente sous forme de gros sphéro-cristaux.

Le miel de Callune a souvent l'aspect d'un gel plus ou moins cristallisé du plus mauvais effet. Aussi, est-il apparu la nécessité d'une solution technologique.

b - Stabilisation du miel de Callune.

Cette technique a été expérimentée par deux auteurs français, Lavie et Gonnet (60). Ce traitement, par chauffage à 70°C du miel, a reçu le nom de stabilisation car, pendant une période, en France, il n'était pas certain que la pasteurisation soit autorisée. Il nous faut préciser que la RFA est un important importateur de miel de Callune, et, dans ce pays, la législation interdit la pasteurisation. Lavie et Gonnet semblent abandonner cette dénomination particulière pour un traitement thermique qui est en fait une pasteurisa-

tion (43). Cette querelle de mots n'a aucun intérêt, en technologie.

1°) Description.

Le principe est un chauffage bref à haute température suivi d'un refroidissement lent. Cela provoque la coagulation des protéines qui augmente l'intensité du gel et stabilise le miel dans cet état.

Sur le plan pratique, il est souvent impossible de faire passer le miel dans le circuit de refroidissement du pasteurisateur, à cause des risques de colmatage dus à l'état de gel. Un espace, entre les plaques, de 3 à 5 mm au minimum est donc nécessaire (43), d'où les adaptations proposées.

Le miel passe seulement dans le circuit de chauffage du pasteurisateur. Il en ressort par une canalisation de diamètre voisin de 40 mm qui est immergée, sous forme d'un serpentin, dans une cuve où circule de l'eau froide. Lavie et Gonnet recommandent de chauffer à 70°C pendant 5 minutes et de régler le refroidissement pour recueillir, à la sortie du serpentin, le miel à une température de 45 à 50°C. Le miel est ensuite immédiatement mis en pots qui sont placés en chambre réfrigérée à 4°C. Ces données, déterminées après expérimentation, sont dictées par une coagulation totale des protéines tout en limitant au maximum les altérations chimiques du miel (60).

2°) Avantages.

Le miel, sous la forme d'un gel parfait, stable et emprisonnant de nombreuses bulles d'air, a un bel aspect ; de plus, aucune fermentation ne se produit.

3°) Inconvénients.

La stabilité n'est pas illimitée ; cependant, si les pots sont propres, elle dépasse 6 mois (60).

Des modifications chimiques se produisent comme après tout chauffage. L'augmentation de la teneur en HMF reste faible. Quand elle se produit, la diminution du pouvoir antibactérien est limitée. Par contre, l'activité de l'invertase, enzyme fragile, est diminuée de 50 %. La destruction de l'amylase est beaucoup moins importante, mais elle augmente avec le taux d'humidité du miel. Dans l'ensemble, les dégradations sont de faible amplitude. Mais, là encore, tout dépend des antécédents du miel (chauffage, vieillissement) et, notamment, d'une refonte éventuelle avant de subir ce traitement thermique.

F - Filtration sous pression à l'abri de l'air.

1 - Europe.

L'emploi de filtres permettant d'éliminer toutes les particules d'un diamètre supérieur à 0,1 mm est suffisant pour obtenir une propreté satisfaisante du miel. Il a l'avantage de ne pas modifier la composition du miel. Mais le maintien de l'état liquide dure beaucoup moins longtemps qu'avec l'utilisation des techniques nord-américaines de filtration poussée (16).

Dans la pratique, les filtres sont placés, avant, après, et dans le pasteurisateur (entre le circuit de chauffage et celui du refroidissement, c'est-à-dire dans le chambreur). Cette filtration, à chaud et sous pression, permet de travailler à l'abri de l'air et avec un débit important. Malheureusement, certains miels, qui renferment de nombreuses impuretés, provoquent très rapidement le colmatage des filtres et rendent ce mode de filtration impraticable.

2 - En Amérique du Nord.

C'est une filtration poussée qui fait appel à des techniques très connues en industrie agro-alimentaire.

On utilise les propriétés filtrantes, absorbantes, décolorantes de nombreux composés : le kieselghur, très employé (masse de silice hydratée formée par des squelettes de diatomées), la bentonite (65), certains sables... (11) (21) (92).

Les filtres sont placés dans le chambreur du pasteurisateur. Le résultat de cette filtration poussée est un produit d'une très grande limpidité. Le miel est débarrassé, non seulement de tous les constituants figurés (grains de pollen, impuretés), mais aussi de toutes les substances colloïdales. Le maintien de l'état liquide est, ainsi, permis sur de grandes périodes. Il faut signaler aussi la disparition d'une grande partie des substances qui participent à l'arôme et à la saveur du miel.

Un tel traitement aboutit, à nos yeux, à une indéniable altération du miel. Mais le retrait de tous ces constituants n'est pas perçu de la même façon par tous ceux qui ne voient dans le miel qu'un édulcorant banal.

G - Cristallisation dirigée.

Nous exposerons les grandes lignes de la méthode de Dyce ("Dyce process") sur la cristallisation dirigée telle qu'elle a été mise au point et brevetée aux USA en 1931 (29).

Il est à remarquer que la cristallisation dirigée est pratiquée, empiriquement, depuis longtemps en apiculture.

Nous décrirons ensuite brièvement les points importants de la fabrication du "miel crème" ("Honey cream" nord-américain).

1 - Description de la cristallisation dirigée.

a - Principe.

Il repose sur l'apport, dans un miel liquide, d'un modèle constitué par du miel très finement cristallisé appelé semence, et qui favorise l'obtention d'un produit dont la cristallisation se caractérise par la finesse de sa granulation.

b - Choix du miel.

En principe, quasiment tous les miels peuvent subir la cristallisation dirigée. Cependant, les miels peu riches en glucose vont développer moins rapidement une cristallisation qui de plus sera moins ferme. Dans la pratique, on ne retient donc que les miels ayant un grand pouvoir de cristallisation.

Avant l'ensemencement, le miel devra être complètement liquide et propre. Ces précautions s'expliquent, d'une part pour éviter la présence de modèles à cristallisation grossière, d'autre part pour favoriser la cristallisation à partir de la semence. Il n'est pas nécessaire de pratiquer une filtration poussée. La pasteurisation alliée à une simple filtration (ouverture de maille de 0,1 mm) suffit amplement.

c - Nature de la semence.

La semence peut être un miel qui possède, naturellement, une granulation très fine et que l'on conserve de l'année précédente, pour cet usage.

Actuellement, la semence est obtenue par broyage d'un miel cristallisé. Lorsque l'on garde, d'une année sur l'autre, un miel à cristallisation fine afin de s'en servir de semence, il est préférable de le passer, au préalable, dans un broyeur.

Les apiculteurs qui veulent pratiquer la cristallisation dirigée d'une manière rationnelle, mais qui ne disposent pas d'un gros matériel peuvent confectionner la semence à partir de glucose massé pulvérulent (42).

d - Incorporation de la semence au miel.

La proportion de semence incorporée au miel est voisine

de 10 %. On peut réduire le pourcentage de semence jusqu'à 5 % mais la cristallisation risque d'être déviée. Inversement, une quantité supérieure à 15 % est inutile.

Le mélange s'effectue à une température voisine de 24°C. Cette température s'impose par la recherche d'une faible viscosité du miel qui favorise une incorporation facile, tout en évitant la destruction des cristaux de la semence.

Dans la pratique industrielle, le miel, au sortir du pasteurisateur (température de 40 à 45°C), est refroidi par des votators, appareils spécialement conçus pour le refroidissement des produits visqueux (11).

Le mélange est soumis à un malaxage énergique afin que toutes les molécules de glucose aient, à proximité, un modèle de cristallisation. Mais il faut éviter l'incorporation d'une trop grande quantité de bulles d'air. Aussi, pour éliminer cet inconvénient, le mélange s'effectue, soit par brassage lent dans des cuves à mélange, soit par injection de la semence dans une canalisation où circule le miel liquide.

e - Développement de la cristallisation.

Une fois le mélange terminé, le miel est laissé au repos, quelques heures à 27°C, pour permettre la remontée des bulles d'air. Ensuite, on le conditionne et on l'entrepose à une température de 14°C ; généralement, il devient ferme au bout de cinq à six jours, mais il est souvent plus prodent de l'y laisser une quinzaine de jours (42).

Lors de la mise en pot, il y a incorporation de bulles d'air. Elles remontent à la surface, en début de cristallisation et forment une couverture blanchâtre à aspect de sucre glace. Aussi, on conseille, juste après le conditionnement, de laisser le miel en chambre froide (3 à 4°C) pendant une demi-journée afin d'éviter la remontée des bulles d'air (42).

f - Critique de la cristallisation dirigée.

L'avantage est le développement d'une cristallisation très fine. Un inconvénient majeur réside dans le fait qu'on ne peut pas prévoir la solidité de la texture cristalline. Très souvent, lorsque la teneur en glucose est élevée, le miel devient très dur. C'est notamment le cas du miel de Trèfle nord-américain, pour lequel a été mis au point la technique du "honey-cream".

Un effet fâcheux est la présence de traînées blanchâtres contre la paroi, visibles lors d'un conditionnement en verre. Ce phénomène est dû aux variations thermiques qui

crèent un vide local provoquant la déshydratation superficielle du glucose.

2 - Fabrication du "miel crème".

a - Principe et description de la méthode.

Après une cristallisation dirigée, pratiquée suivant le schéma précédent, le miel est homogénéisé.

Le miel cristallisé est porté à une température de 27°C (48 heures dans une enceinte à 30 à 35°C), et il a ainsi une consistance pâteuse. Il ne faut pas le porter à une température supérieure pour éviter une trop grande destruction des cristaux. Le miel passe ensuite dans l'homogénéisateur où il subit, par passage sur des rainures, une série de pressions et de décompressions à l'abri de l'air. Après un repos de une à deux heures qui permet la remontée des bulles d'air, il est conditionné et placé en chambre froide (42).

b - Critique.

1°) Avantages.

Le miel a l'aspect d'une crème à granulation très fine. Cette texture n'est pas affectée par une conservation au réfrigérateur. On peut donc consommer le miel frais car il possède alors une saveur plus agréable.

De plus, la cristallisation étant très souple, on ne constate pas la formation de tâches contre les parois des récipients.

2°) Inconvénients.

Seulement, un petit nombre de miels peuvent subir ce traitement. Nonobstant le rapport G/E supérieur à 2, qui est recommandé pour pratiquer la cristallisation dirigée, l'homogénéisation impose une teneur en eau inférieure à 18 %. Cette condition est nécessaire pour éviter que la texture cristalline ne soit trop fragile ce qui se traduit, à court terme, par un effondrement caractérisé par la coexistence d'une phase cristallisée et d'une phase liquide surnageante. Le miel de Trèfle nord-américain et le miel de Colza, qui commence à être produit en grande quantité en France, sont deux miels unifloraux qui se prêtent bien à cette technique.

Le temps de conservation du miel cristallisé homogénéisé n'est pas indéfini du fait de la faiblesse de la trame cristalline. La durée de conservation dépend de la température et de la teneur en eau. La durée de conservation, à

une température de 22°C, des miels cristallisés homogénéisés, en fonction de leur teneur en eau est (42) rapportée dans le tableau suivant :

Teneur en eau	Durée de conservation
Moins de 17 %	1 an et plus
De 17 à 17,5 %	6 mois à 1 an
De 17,5 à 18 %	3 mois à 6 mois
Plus de 18 %	Moins de 3 mois

Pour un miel avec un rapport G/E égal à environ 2 et ayant un taux d'humidité de 17,5 % l'état de "miel crème" peut être maintenu pendant plus de trois ans à 14°C (42). Le "miel crème" doit être conservé, le plus possible, à basse température avant sa consommation.

H - Conditionnement et conditions d'emmagasinage.

1 - Conditionnement.

a - Récipients employés.

Tous les types de pots se rencontrent : en verre, en plastique, en carton paraffiné, en métal... Deux points sont cependant à retenir, sur le plan technologique, face à l'importance des considérations économiques. Tout d'abord, le revêtement doit être inerte vis-à-vis du miel ; ainsi, certaines boîtes métalliques ne conviennent pas pour le miel qui est une denrée acide (décret 73-138 du 12/02/73).

Ensuite, l'étanchéité est très importante pour éviter les fuites de miel et les échanges d'humidité avec l'atmosphère. Malgré quelques études (16) (21), l'étanchéité de certains récipients est loin d'être parfaite.

b - Technique de conditionnement.

Dans les machines à empoter modernes ont été presque résolus les problèmes de l'incorporation des bulles d'air et du "coupe-fil" (moyen technique permettant l'arrêt immédiat et total de l'écoulement du miel en fin de remplissage).

2 - Conditions d'emmagasinage.

Le miel doit être conservé à basse température (inférieure à 14°C) afin de limiter les dégradations chimiques et

leurs nombreuses conséquences (organoleptiques, biologiques...).

Enfin, il faut éviter, au cours de la commercialisation notamment, les trop brusques variations de température, qui ont une influence sur la cristallisation.

S I X I E M E C H A P I T R E

*

LE COMMERCE DU MIEL

-o-o-o-o-o-

I - LE MARCHE MONDIAL DU MIEL.-

A - Production et exportations.

1 - Production.

Entre 1971 et 1978 la production mondiale de miel a varié entre 790.000 t et 960.000 t par an. Mais ces chiffres ne sont que des estimations (voir planche n° 12) (31).

On estime le cheptel apicole mondial à 40 à 45 millions de colonies d'abeilles pour 4 à 5 millions d'apiculteurs (21). Dans la CEE, 322.000 apiculteurs se partagent 3.600.000 colonies (8).

Suivant les années, les variations de la production, au niveau d'une région du globe, sont faibles. A l'inverse, dans un pays, les fluctuations concernant la récolte annuelle de miel présentent de grandes amplitudes. Une faible production, dans une partie du globe, semble être compensée, pour la même année, par une plus forte dans une autre (13).

2 - Exportations.

Pour la même période : 1971 à 1978, les exportations ont oscillé entre 110.000 t et 180.000 t par an (voir planche n° 13) (31). En 1971, 16 % de la production mondiale a été exportée ; pour l'année 1978, les exportations ont représenté 19 % environ de la récolte mondiale.

De l'étude de la planche n° 13 il ressort, qu'en 1978, les trois plus gros pays exportateurs (Mexique, Chine et Argentine) ont réalisé 55 % de l'offre mondiale.

Ces dix dernières années, l'offre mondiale a été insuffisante. Le potentiel d'exportation est très important vu la production mondiale plus de cinq fois supérieure au volume des échanges internationaux (13). Ceci est notamment valable pour l'Afrique, laquelle a exporté, en 1975, seulement 0,3 % de sa production totale. Le miel produit par un grand nombre de pays en voie de développement est cependant de mauvaise qualité et peu exportable. Toujours en prenant

Planche nº 12.

Production mondiale de miel par région.

Unité : tonne

Région	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Afrique	24724	26800	71584	78690	80926	83336	84353	87181
Amérique du Nord et Amérique centrale	158341	173981	183702	159908	169653	175945	170903	173907
Amérique du Sud	37037	37760	37479	43166	40028	44065	37510	42140
Asie (sans URSS)	241289	233429	241815	249583	255529	282704	285633	293336
Europe (sans URSS)	122427	109797	119393	116422	119490	159998	127281	132565
Océanie	24878	25987	23478	26505	35434	26417	21092	27685
URSS	220000	183795	220775	199000	190000	188000	208000	210000
Total mondial	828696	791549	898226	873229	891060	960465	934772	966814

Source : FAO (31).

Planche n° 13

Exportations de miel des principaux pays fournisseurs
total mondial

Pays	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Mexique	17316	31096	25259	22169	30103	48962	53243	44959
Chine	30018	35036	27094	20066	27066	22117	25120	28120
Argentine	14265	19352	17879	15487	20000	29877	24805	27000
URSS	4900	3600	5300	7385	6919	7205	8940	10144
Hongrie	6614	6616	6887	7595	8167	7974	6751	7000
Canada	10993	5031	7460	3265	4703	4784	9005	6701
Espagne	5796	10914	7651	6311	5695	5240	4748	5100
Cuba	3300	3400	2600	2000	5000	6000	5000	5000
Bulgarie	2724	3260	2441	2773	2647	3220	3626	4348
Australie	9907	8817	7874	4692	9610	11455	6572	4274
Brésil	-	326	2234	853	2700	908	1428	4000
RFA	910	1162	2198	1287	1987	1999	2441	3801
Roumanie	6185	5336	3920	3150	3500	2077	3746	3500
Total mondial	132037	155688	143404	113476	146024	182685	177440	180000

- : signifie pas de données concernant les exportations.

Source : FAO (31).

pour exemple l'Afrique, le miel est souvent extrait des rayons par chauffage, ce qui s'accompagne d'une grande dégradation du produit (18). Il s'y ajoute des problèmes de ramassage, de transport et d'emmagasinage (13). De plus, à notre connaissance, les conditionneurs et les importateurs européens se plaignent des livraisons en provenance de ces mêmes pays. Le miel réceptionné contient de nombreuses impuretés ; il est souvent différent de l'échantillon qui a été analysé et, les emballages ne sont pas standardisés ou ne conviennent pas au conditionnement du miel...

Mais, du fait d'efforts déployés en vue de diminuer le manque de technicité, d'installations et de réseaux commerciaux, les experts prévoient, au cours des prochaines années, une augmentation de l'offre en miel de qualité sur le marché mondial (13) (50).

B - La demande : les importations.

En 1978, 70 % du total mondial des importations a été effectué par la RFA, les USA, le Japon et le Royaume-Uni (voir planche n° 14) (31).

La RFA, acheteur dominant sur le marché mondial avec un tiers du volume total, peut ainsi réexporter, après conditionnement une partie du miel en provenance de pays en voie de développement (voir planche n° 13).

La demande sur le marché mondial est constituée, pour près de 90 %, par le miel de table (13). Le miel à usage industriel occupe donc une part peu importante. Le déséquilibre continuera à s'accentuer avec l'apparition, ces dernières années, d'un produit du maïs appelé : "sirop d'isomérose", succédané du miel presque parfait et d'un faible prix (13).

Par contre, la demande mondiale en miel de table a fortement augmenté au début des années 1970. La progression, bien que plus faible, continue depuis. Elle semble s'expliquer par une hausse du niveau de vie, un retour à la consommation des produits naturels et des politiques de marketing plus agressives sur certains marchés (13).

Toujours pour les miels de table, les préférences vont vers les miels clairs, sauf en RFA, en Suisse et en Autriche, et les miels liquides, excepté pour le Royaume-Uni. D'une manière générale, les négociants recherchent les variétés de miel qui ressemblent le plus à celles produites dans le pays importateur (13).

La demande s'exprime préférentiellement sous forme de miel en vrac en fûts de 300 kg. Le Canada et la Roumanie

Planche n° 14.

Importations de miel par les principaux pays importateurs
total mondial

Unité : tonne.

Pays	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
RFA	46766	44795	46199	42251	50761	50078	51241	57656
USA	5196	17688	4839	11793	21038	30119	28980	25446
Japon	16358	23604	25656	14925	18091	23749	24838	24448
Royaume-Uni	20195	16459	17496	10271	17478	13693	17216	16962
France	5189	4451	5788	3263	5770	5618	5074	7395
Pays-Bas	2934	3114	2741	3205	4358	5885	4288	5554
Belgique Luxembourg	2069	2544	2447	2463	3183	3555	4084	4710
Yougoslavie	1348	1279	2731	2145	3175	5361	5784	4386
Suisse	3493	3731	4916	5134	4241	4707	4009	4369
Autriche	2784	3639	3069	3517	3473	4270	3969	3663
Total mondial	130556	153420	136506	113836	147677	182844	177029	180284

Source : - FAO (31)
- statistiques nationales, quand elles étaient disponibles (8)
- Itapi.

alimentent cependant le marché mondial en miel préconditionné. Il en est de même pour certains miels unifloraux de grande valeur, en provenance de divers pays.

C - Le marché proprement dit.

1 - La concurrence.

Pour un pays exportateur, la concurrence s'exerce à plusieurs niveaux. Tout d'abord, elle a lieu entre les différents pays approvisionneurs, mais elle n'est pas très vive, ces dernières années.

Ensuite, sur le marché du pays importateur, le miel importé entre en concurrence, d'une part avec le miel indigène, d'autre part avec les produits de remplacement du miel. Dans la plupart des pays producteurs, le miel national est réputé de meilleure qualité, il est recherché par les connaisseurs et est plus cher. S'adressant à des clientèles différentes, les deux miels ne se font pas vraiment concurrence. Néanmoins, la quantité disponible et le prix du miel local constituent des limites pour le miel étranger (13).

Le miel importé est généralement acheté par un consommateur qui ne voit en lui qu'un produit édulcorant et tartinable. De plus, variable suivant les pays, la promotion du miel est loin d'être aussi importante que pour les autres produits alimentaires. La concurrence avec les produits de substitution du miel est donc plus forte pour un miel importé que pour un miel local, d'où les conséquences sur les échanges internationaux (13).

2 - Les prix.

Le prix du miel sur le marché mondial est principalement dépendant de la qualité et cela qu'elle que soit la variété. Ensuite, suivant les préférences du pays importateur exposées ci-avant, le prix est fonction du type de miel proposé. Le lieu de destination joue aussi un rôle. Les deux principaux lieux d'échange mondiaux, en matière de miel, sont Hambourg et Londres (50).

Les quelques prix qui suivent, ayant valeur d'exemple, ont été empruntés à l'étude très complète sur le miel et réalisée par le Centre du Commerce International, en 1977 (13). Les prix indiqués s'entendent "c and f", c'est-à-dire coût du produit plus coût du transport :

- en Avril 1976 les prix en vrac à Hambourg allaient de 639 dollars la tonne pour le miel ambré de Chine à 1142 dollars la tonne pour le miel de Trèfle blanc canadien (de

première qualité d'après la législation nord-américaine).

- en Juin 1976 un miel de Trèfle argentin d'excellente qualité coûtait :

. 800 dollars la tonne rendu sur la Côte Est des USA
. 827 dollars la tonne rendu sur la Côte Ouest des USA
. 774 dollars la tonne rendu à Hambourg (RFA)
. 815 dollars la tonne rendu au Japon.

Les prix, après avoir triplé entre 1970 et 1974, sont restés quasi-stationnaires jusqu'en 1977, année à partir de laquelle ils ont recommencé à augmenter (31).

3 - Les facteurs institutionnels.

D'une manière générale, il existe trois obstacles pour accéder aux marchés des principaux pays importateurs (20).

Le principal est, incontestablement, les différentes législations en vigueur dans les pays importateurs.

Une deuxième barrière est constituée par les restrictions quantitatives ; cependant ces dernières ne sont employées que par un nombre très restreint de pays, dont la France et l'Italie notamment.

Les droits de douane forment la troisième restriction. Ils sont faibles pour l'accès aux USA mais élevés pour la CEE (27 % ad valorem) et le Japon (30 % ad valorem).

II - LE MARCHE DU MIEL EN FRANCE.-

A - Offre.

La planche n° 15 résume de 1965 à 1979, les données essentielles de la quantité totale offerte à la consommation. La consommation familiale ou autoconsommation n'a pas été retranchée de la production nationale, mais nous verrons plus loin ce qu'il faut en penser.

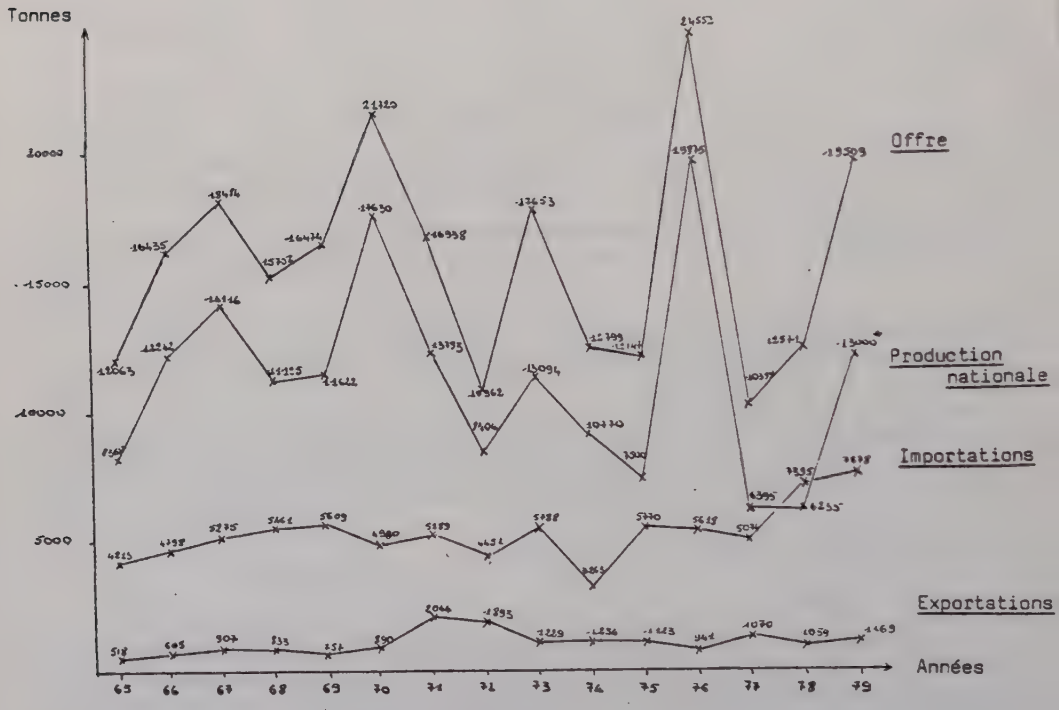
1 - Production nationale.

a - Les chiffres de la production.

La production intérieure française est très variable (voir planche n° 15). La récolte de 1976 a été trois fois supérieure à celle de 1977. D'après les quinze dernières années, la production annuelle moyenne est voisine de 12.000 tonnes. Mais ce chiffre est très en deçà de la vérité, soucieux que sont les apiculteurs, pour diverses raisons, de ne pas déclarer l'intégralité de leur récolte. La

Données générales sur le marché du miel

en France de 1965 à 1979



▸ Chiffre approximatif

Source : - CFCE (14)
- Itapi (Borneck)

production nationale annuelle moyenne réelle serait d'environ 15.000 tonnes (10), ce qui place la France au premier rang des producteurs de miel de la CEE (8).

b - Les producteurs.

1°) Importance des amateurs.

Le nombre d'apiculteurs est d'environ 100.000. Seulement 1.000 sont considérés comme professionnels ou semi-professionnels, car ils sont inscrits en tant que tels aux Caisses d'Allocations Familiales et aux Caisses d'assurance maladie agricole (99).

Le dernier Recensement Général Agricole, qui date de 1979, ne mentionne que 825.600 colonies d'abeilles ; mais ne sont pas comptabilisés les ruchers de moins de 10 ruches n'appartenant pas à des exploitants agricoles. Le Ministère de l'Agriculture et les syndicats apicoles estiment le nombre de ruches à 1.200.000 (77).

Les apiculteurs semi-professionnels et professionnels exploitent le tiers du cheptel, soit une moyenne de 300 à 400 ruches par exploitation (10). Quelques unes dépassent 3.000 colonies.

Les modèles de ruches sont très nombreux, les principaux étant : Dadant, Langstroth, Voirnot. Les apiculteurs fixistes, c'est-à-dire ceux qui n'utilisent pas de ruches à cadres, ont quasiment disparu de France.

L'abeille de race noire (Apis mellifica mellifica L) constitue l'essentiel de l'élevage. Mais l'utilisation, fréquente et anarchique de reines hybrides à meilleur rendement, a occasionné, en divers coins de France, des "pollutions génotypiques" de la race noire indigène. Elles sont difficiles à éliminer du fait de la reproduction particulière de l'abeille.

Une première constatation s'impose : l'apiculture en France est aux mains des amateurs, mot non employé dans son sens péjoratif. L'image classique du curé ou du notaire, entretenant quelques ruches au fond de leur jardin, n'est pas un mythe. Ces dernières années, il semble que de nombreux habitants du milieu rural les ont imités, en voyant aussi dans l'apiculture un loisir.

2°) Une profession difficile économiquement.

Les conditions climatiques expliquent le faible rendement

de l'apiculture française : à peine plus de 10 kg de miel par ruche et par an. A cela, s'ajoutent une diminution constante de la flore mellifère et une utilisation croissante et souvent mauvaise des insecticides phytosanitaires. L'apparition d'une nouvelle présentation des insecticides : le micro-encapsulage, très dangereuse car l'abeille apporte dans la ruche les capsules avec le pollen (71), et la mise au point des insecticides de la troisième génération, faisant appel aux hormones et semblant moins toxiques pour les abeilles (81), vont avoir des répercussions en apiculture au cours des prochaines années.

De plus, les considérations économiques actuelles de la pratique apicole obligent souvent, pour la rentabiliser, ce qui est un caractère impératif pour les nouveaux venus dans la profession, à intensifier les méthodes d'élevage des abeilles. Cela se traduit par la transhumance qui permet, dans une même année, de bénéficier d'un maximum de récoltes. Elle oblige ainsi à accroître l'équipement de base nécessaire, mais les aléas climatiques demeurent... Le cycle infernal de l'agriculture se retrouve donc, en apiculture. Avec, cependant, une seule différence représentée par le fait, qu'au niveau national, une activité agricole, dont les deux tiers de la production sont assurés par des amateurs, n'inquiète guère. Mais il ne faut pas oublier le rôle joué par les abeilles dans la pollinisation des cultures.

c - Les régions apicoles et les miels produits.

1°) Les régions apicoles.

La France peut être découpée en sept grandes régions apicoles (10) :

- le Nord-Ouest : pays d'herbages et de vergers de pommiers il produit, surtout, du miel de Trèfle.

- le Bassin Parisien : il représente, classiquement, la plus riche région apicole mais qui voit, maintenant, son importance diminuer du fait des mutations opérées en agriculture et qui sont peu favorables à l'apiculture. Y sont récoltés des miels de Colza, d'Acacia, de prairies...

- l'Est : cette région, où règne un climat très continental, se distingue par la production de miel de "sapin" des forêts de résineux. Ailleurs sont récoltés des miels de Colza, d'Acacia, de prairies...

- le Massif Central : c'est une région montagneuse où sont récoltés des miels très variés, "sapin", Châtaignier, Sainfoin, Bruyère (69)...

- l'Ouest : cette région de bocage produit des miels de Trèfle, de Luzerne, Châtaignier, Acacia, de Colza.

- le Sud-Ouest : il se caractérise par une production très variée : miels de Bruyère dans la forêt landaise, miels de montagne dans les Pyrénées, miels d'Acacia, de Colza, de Luzerne, d'arbres fruitiers dans la plaine.

- le Sud-Est : cette région, de climat méditerranéen, produit des miels très divers dont les réputés miels de Lavande et de Romarin.

En résumé, l'apiculture française fournit une très grande variété de miels.

2°) Caractéristiques des miels français.

a) Miels unifloraux.

Certains miels unifloraux ne peuvent pas être obtenus très purs, à cause des faibles étendues cultivées ou plantées. Ce sont notamment les miels de plantes fourragères : Trèfle, Luzerne, qui ne sont pas comparables aux miels nord-américains. L'appellation de "miel de prairies" conviendrait mieux. Il en est de même des miels d'Acacia français (1) dont la pureté est loin d'égaler ceux de Hongrie récoltés dans de grandes acaciaraies.

Néanmoins, le groupe de travail de l'Itapi chargé d'étudier le problème des appellations, en matière de miel, a défini et établi les normes de qualité pour six miels unifloraux (55). Sont concernés les miels d'Acacia, de Callune, de Colza, de Lavande, de Romarin, de "sapin". Du fait d'une tradition et de l'assimilation faite dans l'esprit d'un très large public l'appellation : miel de Sapin, concerne les miels de miellat provenant des végétaux des genres Abies et Picea.

b) Miels multifloraux.

La polyculture, caractéristique dominante de l'agriculture française, et une grande variété dans les flores sauvages locales, font que 80 % de la production est constituée par des miels d'origine polyflorale (10).

Ces miels restent, néanmoins, très particuliers à l'aire géographique : miel des Alpes (prédominance Lavande), miel des Landes (prédominance Bruyères), miel du Narbonnais (prédominance Romarin)... Le miel du Gâtinais (prédominance Sainfoin et Trèfle) est peut être le plus connu des miels polyfloraux de France. C'est le seul miel multifloral qui a fait l'objet d'une définition par l'Itapi (55).

Le "miel de montagne" est une appellation très vaste qui rattache le miel à la flore rencontrée en altitude. C'est un miel en général foncé, constitué, pour l'essentiel, à partir de "sapins", de Bruyères, de Châtaignier... Ses ardents défenseurs tentent, à tort ou à raison, de l'auréoler de la préservation des pollutions des plaines et de vertus supérieures apportées par la flore de montagne.

Le miel "toutes fleurs" désigne, traditionnellement, un miel multifloral. C'est le miel de production courante dont les caractéristiques dépendent de l'origine géographique précisée, parfois, par l'apiculteur. Employé par une entreprise de conditionnement, ce qualificatif est attribué, souvent, à un miel qui a fait l'objet de nombreux mélanges.

2 - Le bilan importations-exportations.

La planche n° 15 montre que la balance commerciale en matière de miel est largement déficitaire, quelque soit l'année. Ce déficit a atteint, en 1979, une valeur de 25 millions de Francs (14).

a - Exportations.

1°) Données quantitatives.

Les exportations françaises se sont stabilisées ces dernières années à environ 1.100 t par an (voir planche n° 16) (14).

Les exportations sont dirigées essentiellement vers la RFA et la Suisse, viennent ensuite les Pays-Bas, l'Union des Etats Belge et Luxembourgeois et, ces dernières années, le Danemark. Mais ces exportations sont faibles, car elles ne constituent, en moyenne, que 2 % des achats de la RFA et 4 % des achats de la Suisse (99). Dans le monde, une trentaine de pays reçoivent du miel français ou conditionné par la France (10).

2°) Caractéristiques de ces exportations.

Les exportations sont classiquement constituées par des miels foncés unifloraux : "sapin" et Callune très appréciés en Allemagne, en Suisse et dans les pays nordiques (10). L'augmentation des cours mondiaux, à partir des années 1970, a permis, à la France, d'exporter dans la CEE des miels clairs : Colza et miels "toutes fleurs" (10). Mais une grande partie de ces derniers est une réexportation de miels d'Espagne (13).

Toutes ces expéditions se font, le plus souvent, sous la forme de miels conditionnés. Ces exportations ont été

Planche nº 16.

Exportations françaises de miel de 1972 à 1979.

Unité : tonne

Pays importateurs	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
RFA	1276	799	726	696	561	575	650	563
Suisse	206	219	274	190	167	111	146	198
Pays-Bas	116	39	38	73	50	57	71	128
Belgique et Luxembourg	74	92	116	96	55	59	26	54
Danemark	-	-	-	-	41	132	73	86
Italie	146	1	3	4	12	30	-	-
Divers	75	79	77	64	55	106	93	140
Total	1893	1229	1234	1123	941	1070	1059	1169

- : signifie des quantités nulles ou peu importantes comprises dans divers.

Source : CFCE (14).

réalisées ces dernières années, à plus de 80 %, par deux entreprises de conditionnement et de négoce (78).

Le développement des exportations ne peut se faire qu'en utilisant des miels "toutes fleurs" car les miels uni-floraux foncés sont en petite quantité et très demandés sur le marché français. Pour cela, il faudrait, à partir des miels multifloraux français, standardiser un miel, spécialement pour l'exportation (50).

b - Importations.

1°) Données quantitatives.

Les importations de miel qui, jusqu'en 1977, étaient d'environ 5.000 tonnes par an, ont augmenté en 1978 et 1979 à 7.000 tonnes par an (voir planche n° 17) (14).

L'Espagne, qui est traditionnellement le fournisseur le plus important, a réduit de trois quart ses livraisons en 1979. Toujours pour la même année 1979, les importations ont été assurées, pour la moitié, par le Mexique, la Chine et le Canada avec un peu plus de 1.000 tonnes chacun.

2°) Caractères des importations.

La répartition des importations suivant les pays d'origine dépend étroitement de la politique des contingentements qu'applique la France. Cependant, pour le miel espagnol qui n'est pas l'objet de restrictions quantitatives, en 1979, une augmentation de son prix explique le faible tonnage importé. En 1979, les 100 tonnes de miel qui proviennent de la RFA sont en fait une réexportation.

Le volume global des importations ne semble pas affecté par celui de la production nationale (voir planche n° 15).

Ces dernières années, les importations françaises de miel ont été réalisées, pour 70 %, par un importateur et pour 20 %, par une entreprise de conditionnement et de négoce (13).

B - Demande.

1 - Données quantitatives sur la consommation.

En France, une part très importante de la production de miel n'est pas mise sur le marché. Cette autoconsommation (consommation familiale), est estimée à près de 20 % (10), soit 3.000 tonnes sur une production nationale moyenne annuelle évaluée à 15.000 tonnes. Ainsi, la quantité autoconsommée est, à peu près égale, à la quantité non déclarée par les apiculteurs.

Planche n° 17.

Importations françaises de miel de 1972 à 1979.

Unité : tonne

Pays exportateurs	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Espagne	3012	3123	1731	2474	2593	2565	2821	701
Hongrie	415	553	431	617	472	894	601	716
Chine	5	90	181	201	628	134	304	1220
Canada	30	182	157	168	262	394	976	1102
Cuba	536	20	-	156	161	241	520	433
Mexique	115	508	70	447	659	321	718	1633
Roumanie	40	276	159	334	143	76	409	390
URSS	85	136	14	103	89	111	234	207
USA	39	302	115	159	51	51	120	292
Brésil	-	119	309	293	-	77	150	179
Argentine	-	301	27	88	63	-	172	255
Grèce	7	14	17	73	41	-	-	37
Nouvelle Zélande	-	-	-	101	-	-	-	85
Italie	16	18	15	216	241	41	138	31
RFA	1	-	2	-	-	-	-	100
Divers	150	146	35	340	215	169	232	297
Total	4451	5788	3263	5770	5618	5074	7395	7678

- : signifie des quantités nulles ou peu importantes comprises dans divers.

Source : CFCE (14).

La consommation totale de miel, qui est égale à la demande satisfaite plus celle de l'autoconsommation, ne peut être calculée qu'à partir d'une moyenne sur quelques années à cause de la conservation de miel par les apiculteurs. Dans cette optique, il est fréquent de constater, à la suite d'une très bonne récolte, un emmagasinage de deux années.

En tenant compte des chiffres officiels de la production et en considérant le bilan import-export, la consommation de miel par habitant, en France, tourne, suivant les années, autour de 300 g par an. D'après les chiffres plus réalistes de la production et avancés par les spécialistes (15.000 tonnes par an), on obtient alors une consommation, par habitant, voisine de 350 g par an. Mais, cette moyenne reste très inférieure à celle de la consommation annuelle de miel en RFA et en Autriche qui est d'environ 1000 g par habitant (99).

En ce qui concerne les secteurs du marché, plus de 90 % de la consommation de miel l'est sous forme de miel de table. Le reste, soit 1.700 tonnes en moyenne par an, est utilisé pour des fabrications alimentaires et industrielles diverses (10).

2 - Caractères de l'utilisation du miel en industrie et en pâtisserie.

Le décret du 22 juillet 1976 définit ce que l'on doit comprendre par "miel de pâtisserie" ou "miel d'industrie". C' est un miel qui a des caractères organoleptiques étrangers ou a fermenté ou a des teneurs en HMF ou en amylase non conformes.

L'industrie utilise, exclusivement, des miels importés (10), qui n'appartiennent pas tous à la catégorie des miels industriels, distinguée par le CFCE (Centre Français du Commerce Extérieur) (14).

Pour l'année 1978, les statistiques du Ministère de l'Agriculture donnent, par branche, les quantités de miel utilisées suivantes (77) :

- biscuiterie : 680 tonnes
- chocolaterie, confiserie : 330 tonnes
- aliments diététiques, aliments pour bébés : 180 tonnes

Une remarque doit être faite concernant les pâtisseries artisanales qui s'approvisionnent en petites quantités, par elles-mêmes et échappent donc, plus ou moins, à ces statistiques. Le miel est utilisé aussi, mais de manière beaucoup moins importante, dans la fabrication de produits pharmaceutiques, de produits de beauté, d'hydromel, de certains vinaigres, de quelques tabacs blonds...

Sous les effets conjugués de l'augmentation des prix et de l'apparition de nouveaux produits de remplacement, l'usage du miel, en industrie et en pâtisserie, est resté stationnaire voire a régressé, ces dernières années. Mais son utilisation demeure dans la fabrication de certains produits très industrialisés afin qu'il figure dans la liste des composants, pour son effet psychologique sur le consommateur.

3 - Caractères de la consommation de miel de table.

a - Difficultés dans la définition du consommateur.

Dans un foyer, la consommation de miel est, dans l'ensemble, laissée libre à partir de la toute petite enfance. Aussi, il est préférable de rattacher la notion de consommateur au foyer consommateur (34).

De plus, en considérant, toujours au niveau de la cellule familiale, la très grande variabilité dans les rythmes d'achat, il est très difficile de séparer, d'une façon nette, le consommateur du non consommateur. Si le consommateur et le non consommateur ont les mêmes mythes et les mêmes croyances en matière de miel, quelques éléments permettent, cependant, de faire le distinguo : ainsi, par exemple, ce qui plait dans le miel est le goût pour le consommateur et la couleur pour le non consommateur. De même, le consommateur voit dans le miel un produit marchand comportant de nombreuses variétés tandis que le non consommateur l'assimile à une denrée très uniforme (34).

b - Les deux catégories de consommateur.

Il apparaît que le volume total des importations est assez indépendant de celui de la production, malgré les contingentements qui sont augmentés, les années de faible production nationale. Cet élément amène à supposer l'existence de deux produits différents : d'une part, le miel issu de la production nationale et, d'autre part, le miel importé. Comme nous le verrons plus loin, la très grande influence du producteur sur le consommateur confirme et explique ce phénomène.

La demande en miel apparaît scindée en deux. Les consommateurs, souvent qualifiés d'avertis, considèrent les miels issus de la production nationale comme très supérieurs ; ils puisent généralement dans l'image de la "Douce France", aux fleurs variées et au climat tempéré, fortement enracinée dans l'inconscient collectif. A ceux-ci s'opposent les acheteurs, numériquement beaucoup plus importants, qui assimilent le miel, produit marchand, à une denrée sucrée et tartinable. C'est parmi ces derniers que le critère consommation de miel apparaît le plus difficile à définir (34).

c - Données statistiques concernant la consommation de miel de table.

Nous développerons les résultats d'enquêtes effectuées en 1965 et en 1966 par Etmar-Ifop pour la Sopexa (30) ; et, qui peuvent être considérés comme toujours valables.

1°) Répartition de la consommation dans la population.

Seulement 52 % des adultes interrogés consomment occasionnellement du miel, et le produit n'était présent que dans 42 % des foyers. Mais 65 % des foyers où il y a des enfants de moins de 15 ans consomment au moins, de temps en temps, du miel. De plus, la consommation du miel augmente avec le revenu.

D'après l'enquête du Gimca (Groupe Innovation Management Créativité Appliquée) en 1977 (34) sur 20 foyers : 6 ont consommé du miel dans la dernière semaine, 3 dans le dernier mois, 2 dans la dernière année, 5 dans les cinq dernières années, et, 4 n'en n'ont pas consommé depuis plus de cinq ans.

En conclusion, près de un Français sur deux ne mange jamais de miel.

2°) Consommation de miel suivant les régions.

Dans le Centre et le Centre-Est, 64 % des personnes interrogées sont des consommateurs de miel, dans le Sud 63 %, en Région Parisienne 62 %, dans le Nord-Est 56 % et dans l'Ouest 43 %. Ainsi, on remarque que les régions grosses productrices sont aussi les grosses consommatrices.

3°) Mode de consommation du miel.

La consommation du miel, soit au petit déjeuner sur des tartines, soit mélangé à une boisson, représente les manières de dégustation citées dans 60 % des cas. La première est préférée chez les professions libérales, les cadres supérieurs, les jeunes et les habitants des grandes villes. La deuxième l'est plutôt chez les personnes âgées et les ouvriers. Mais l'utilisation du miel, en pâtisserie et en cuisine familiale, est quasi inexistante (34).

4°) Saison de consommation.

La consommation de miel apparaît plus importante en hiver : 35 % des personnes interrogées n'en prennent que l'hiver, 35 % des autres personnes toute l'année, mais surtout en hiver.

5°) Influence des caractéristiques du miel.

Concernant les variétés, les miels "toutes fleurs" et le miel de "sapin" sont préférés par les ouvriers et par les consommateurs du Nord, de l'Est, du Centre et du Centre-Est. Par contre, les milieux aisés et les personnes habitant le Sud ou la Région Parisienne apprécient le miel d'Acacia.

Pour l'état de cristallisation, d'après le sondage de 1966, le miel cristallisé est partout préféré, sauf en Région Parisienne. Mais, de l'avis de personnes autorisées, il semblerait que, ces dernières années, le choix se porte plutôt sur le miel liquide. En matière de coloration, les préférences des consommateurs se portent, en majorité, sur les miels clairs. Mais le consommateur rattache, souvent, ces deux caractéristiques physiques à une variété particulière de miel ce qui augmente les difficultés d'analyse (34).

C - Le marché proprement dit.

1 - Prix du miel.

a - Prix du miel français en France.

1°) Prix à la production.

Ce prix s'entend du miel non conditionné, vendu en gros par le producteur (voir planche n° 18) (10).

Le prix du miel à la production a sensiblement augmenté à partir de 1972. En comparant avec l'évolution de l'indice général des prix à la consommation de l'INSEE, il ressort, qu'en prenant pour base l'année 1965, les prix du miel ont été inférieurs à ce qu'ils auraient dû être s'ils avaient suivi l'indice et ce jusqu'au début des années 1970. Mais, c'est le phénomène inverse qui est observé depuis (10).

La lente dévalorisation du miel français qui s'est produite de 1953 à 1971 est, en partie, la conséquence de la préférence croissante de la part des négociants pour les miels importés, moins chers (10).

C'est la brusque augmentation du prix du miel sur le marché mondial à partir des années 1969-1972, qui a permis une meilleure rémunération des apiculteurs nationaux. Ainsi, malgré la distinction très nette, au niveau de la consommation, entre les miels français et les miels importés, il n'en demeure pas moins l'existence de nombreuses interactions au niveau des prix.

2°) Prix à la consommation.

Les chiffres de la planche n° 19 correspondent aux prix

Planche n° 18.

Prix du miel français en France à la production de 1965 à 1975

Unité : Francs par kg.

Années	Prix du miel "toutes fleurs"	Prix du miel de "sapin"
1965	3,30	4,80
1966	3,30	4,80
1967	3,30	4,80
1968	3,45	5,30
1969	3,45	5,30
1970	3,80	6,50
1971	3,80	6,50
1972	5,80	7,00
1973	6,80	9,50
1974	6,80	10,80
1975	7,80	11,80

D'après Borneck (10).

Planche n° 19.

Prix du miel français en France à la consommation de 1965 à 1979.

Unité : En francs, avec une TVA de 6 %, pour un pot de miel de 1 kg brut jusqu'en 1975, et à partir de 1976 pour un pot de miel de 1 kg net.

Années	Toutes fleurs	Toutes fleurs montagne	Acacia	Lavande Callune	Sapin
1965	7,00	-	-	-	-
1966	6,70	-	7,50	8,00	10,00
1967	6,70	-	7,50	8,00	10,00
1968	7,30	-	8,20	8,80	11,00
1969	7,30	-	8,20	8,80	11,00
1970	8,00	-	9,00	9,70	12,50
1971	8,00	-	9,00	9,70	12,50
1972	9,00	-	12,00	12,00	15,00
1973	12,00	13,00	15,00	14,00	18,00
1974	14,00	16,00	18,00	18,00	22,00
1975	16,00	18,00	20,00	20,00	24,00
1976 (a)	18,00	20,00	22,00	22,00	26,00
1977	20,00	23,00	25,00	25,00	30,00
1978	22,00	25,00	27,00	27,00	35,00
1979	24,00	32,00	32,00	32,00	38,00
1980	26,00	35,00	35,00	35,00	41,00

- : signifie pas de cotation.

(a) : la moitié de l'augmentation est provoquée par le passage du poids brut au poids net.

D'après la Société Centrale d'Apiculture.

du miel français à la consommation et établis par la Société Centrale d'Apiculture qui se réunit, au mois de Juillet de chaque année.

C'est le prix de vente conseillé aux apiculteurs pour l'année en cours lors de la vente directe, qui est très importante pour le miel. Ce prix, établi dans un souci de rationnalisation du marché et pour éviter une trop grande dévalorisation du produit du fait de l'importance des apiculteurs amateurs, est souvent perçu comme un prix maximum par l'apiculteur.

Le prix de vente en gros à la production (voir planche n° 18) est, environ, égal à la moitié du prix de vente conseillé lors de la transaction producteur-consommateur.

Cette fixation du prix par la profession constitue un repère pour l'ensemble des apiculteurs amateurs et professionnels. Mais le gouvernement la considère, actuellement, comme une trop grande entrave à la libre concurrence.

b - Prix du miel importé.

La planche n° 20 indique la moyenne des prix observés à la frontière, sur une année (14). Cette moyenne a été établie avant l'application des droits de douane qui touchent le miel des pays exportateurs n'appartenant pas à la CEE, c'est-à-dire la majorité.

Par comparaison avec l'indice de l'INSEE et après avoir choisi 1965 comme base, il apparaît que les miels importés ont à peu près suivi l'indice jusqu'en 1969. Mais, à partir de là et surtout après 1972, l'augmentation qui s'est produite par rapport à l'indice a été très supérieure à celle observée pour les miels français (10).

c - Prix du miel exporté.

Le prix du miel à l'exportation n'a sensiblement augmenté qu'à partir de 1973 (voir planche n° 21) (14).

La comparaison avec l'indice de l'INSEE fait ressortir de même le changement d'évolution effectué en 1973 (10).

2 - Les motivations d'achat du miel.

Elles ont fait l'objet d'une étude très complète effectuée par le Gimca en Décembre 1977 à la demande de l'Itapi (34). Ce travail résume toutes les données psychologiques concernant le miel, leurs conséquences sur l'acte d'achat et les points importants à respecter pour provoquer une augmentation de la consommation.

Planche n° 20.

Prix du miel importé par la France
Moyenne sur l'année de 1965 à 1979.

Unité : Francs par kg.

Année	Prix
1965	1,49
1966	1,53
1967	1,59
1968	1,59
1969	1,93
1970	2,01
1971	2,21
1972	2,88
1973	4,57
1974	4,71
1975	4,23
1976	4,32
1977	4,74
1978	5,15
1979	5,75

Source : CFCE (14).

Planche nº 21.

Prix du miel exporté par la France
Moyenne sur l'année de 1965 à 1979.

Unité : Francs par kg.

Année	Prix
1965	4,23
1966	4,04
1967	3,69
1968	4,05
1969	5,08
1970	5,75
1971	5,01
1972	5,48
1973	8,61
1974	9,84
1975	10,38
1976	12,15
1977	12,71
1978	15,68
1979	16,32

Source : CFCE (14).

a - Le miel : les quatre composantes du produit marchand.

Elles sont représentées par le produit lui-même, que nous étudierons dans le paragraphe ci-après, la communication, la distribution et le prix. Les trois dernières composantes apparaissent comme inexistantes.

Il n'y a aucune communication entre le miel, produit commercial, et le consommateur. Le pot de miel, en tant que tel, n'inspire aucune réflexion, ou, si peu.

De plus, on préfère s'approvisionner directement chez l'apiculteur. Ce choix n'est pas rationnel, car l'espoir d'un prix moins élevé ou d'une meilleure qualité ne sont pas les motivations qui poussent à agir ainsi. Tout simplement, on ne conçoit pas le miel comme un produit distribué !

Ensuite, le consommateur n'attache au miel aucune notion de prix. Les enquêtes d'Etmar-Ifop (30) mentionnent aussi ce phénomène.

b - Le miel : le produit lui-même.

On distingue le produit physique (qui provient des abeilles), le produit utilitaire (utilisations qui en sont faites) et le produit global (conditionné et achetable).

1°) Produit physique.

L'univers du miel est d'une très grande richesse. C'est le soleil, les abeilles, la vie dans la ruche, le foisonnement, la nature, l'éternité, la jeunesse, la santé... Le miel va plus loin que le produit naturel, dans le sens dérisoire qu'il possède actuellement. Le miel est un don du ciel. Il fait partie des mystères de la vie.

Cependant, la relation entre cet univers symbolique du miel et l'individu diffère en fonction de l'âge. L'enfant, qui est aussi un symbole de la vie et de la nature, est en parfaite symbiose avec cet univers.

Mais, de l'adolescence à l'âge de 40 ans environ se produit un détachement, par rapport à cet univers symbolique du miel. L'individu est, en effet, dans la période où il construit sa vie : il ne veut pas s'en laisser imposer. Chez la femme, le miel évoque le rêve, la douceur de la vie ; c'est le mythe de la pureté et de la virginité. L'homme, en parlant du miel, évoque la vitalité physique avec cependant une certaine atténuation vers l'âge de 30 à 35 ans.

Chez la personne âgée, qui est redevenue pure, on retrouve, comme chez l'enfant, l'identification à l'univers du miel.

2°) Produit utilitaire.

Le miel en tant que produit utilitaire a déjà une dimension plus restreinte. "Le miel permet une bonne croissance, il est nourrissant, aussi doit-on le donner aux enfants". "Le miel est bon pour la santé ; on doit l'utiliser en hiver pour guérir les rhumes et les angines". Ces deux phrases résument l'essentiel des usages que les personnes interrogées reconnaissent au miel.

Les services que rend le miel, et par suite son utilisation, sont aussi fonction de l'âge. Administré au nourrisson dans le biberon, il favorise le développement physique. Chez l'enfant, il permet de compenser l'énergie dépensée dans les jeux. En outre, chez les deux, il protège la santé.

Si, chez l'adolescent, le miel satisfait le besoin énergétique tout en ayant bon goût, son apport de calories se transforme généralement en peur de grossir chez l'adolescente. Ce sentiment, qui s'exacerbe chez la femme, est tel qu'il empêche alors toute consommation. Il s'oppose, vers 30 à 35 ans, à cette richesse de la vie dont a besoin la jeune mère et, vers 40 à 45 ans, au désir de s'administrer l'éternelle jeunesse. C'est à partir de cet âge que chez la femme revient la concordance avec l'univers symbolique du miel. Chez l'homme adulte de 30 à 35 ans, l'apport calorique du miel qui pouvait être un avantage jusque là, cède la place à la volonté de se refaire sur le plan physique et moral.

La personne âgée recherche dans le miel une protection contre le processus d'altération physique tout en satisfaisant sa gourmandise.

3°) Le produit global.

Le miel en tant que produit global, c'est-à-dire, le pot de miel tel qu'on le rencontre dans le commerce est quasi inexistant. La représentation que s'en fait la personne interrogée est d'une extrême pauvreté, c'est à la fois l'ignorance et l'indifférence. A tel point que lorsque l'on demande de procéder à des analogies entre le miel et d'autres produits alimentaires, on le rapproche de la crème de marron (consistance et goût sucré), aux bonbons (certains contiennent du miel), mais jamais au lait ou au blé qui appartiennent, quasiment, au même univers symbolique que le miel.

4°) Conclusion.

L'univers du miel c'est en fait l'origine de la vie, le mystère qui l'entoure, toutes les beautés naturelles, c'est-à-dire qui ne procèdent pas de la création humaine. Mais le miel conditionné a lui une dimension extrêmement limitée : c'est un produit trop sucré et poisseux qui, consommé en grande quantité, fait grossir et donne le diabète. Cet appauvrissement semble être le principal caractère que cette étude a mis en évidence.

Le deuxième phénomène important est l'existence d'un pont court-circuitant l'adolescence et l'âge adulte. Durant cette période, physiquement on n'a plus ou pas encore besoin de miel. Psychologiquement, on veut créer son propre univers et on lutte contre la gourmandise et la peur de grossir. Le miel, produit totalement desexualisé, devient alors le rêve de la jeunesse, concurrencé par les produits de beauté et le sport.

3 - La concurrence : les principaux produits de remplacement du miel.

Il est à remarquer que le miel n'est pas un produit de première nécessité dans l'alimentation. Comme nous l'avons vu précédemment, les emplois essentiels du miel de table sont : en mélange à une boisson et en tartinage. Il rentre donc en concurrence avec les divers sucres commerciaux. Il a le même usage que la confiture, la crème de marron et tous les autres produits alimentaires tartinables apparus ces dernières années, notamment ceux à base de noisette et de chocolat, très appréciés des enfants qui sont, potentiellement, les plus gros consommateurs de miel.

Les principaux produits de remplacement du miel industriel sont le sucre, le sirop de sucre inverti, le sirop de maïs et ces dernières années le "sirop d'isomérose", succédané presque parfait du miel et d'un faible prix.

4 - La promotion du miel.

Il nous paraît utile de remarquer que, concernant l'acte d'achat, la femme n'est pas la seule concernée. Très souvent, c'est son mari qui donne "l'ordre". Au stade de la consommation, ce sont l'homme et les enfants qui sortiront le pot de miel du placard et non la ménagère, qui l'oublie (34).

a - Par les producteurs.

C'est au niveau individuel du producteur, qu'actuellement en France, repose l'essentiel de la promotion du miel. Ce phénomène est surtout la conséquence de l'importance de la

vente directe, la publicité s'effectuant, alors, oralement.

Mais l'apiculteur, passionné par son occupation, se révèle, en fait, un piètre vendeur. Le client, conquis d'avance, et lui communient ensemble dans le monde des abeilles. Lors de la vente, le produit (son utilisation, les variétés, le goût, la conservation, le conditionnement...) est rarement l'objet de discussions. L'apiculteur ne dispose, en général, que d'une variété de miel, la meilleure : la sienne et il déconseille au consommateur de se fournir dans le commerce (34).

Ce refus par l'apiculteur d'aborder le miel en termes commerciaux capables d'assurer une promotion rationnelle se traduit, entre autres, par l'incapacité, les années de forte production, de faire augmenter la consommation.

Aussi, l'intérêt d'une publicité collective au niveau national a été perçu par les instances dirigeantes des diverses organisations professionnelles (12). Un problème de financement et l'existence, parmi les apiculteurs, de divergences occasionnées par la crainte de voir l'augmentation de consommation se traduire par l'achat de miel importé, ont empêché, jusqu'à ce jour, la mise sur pied d'une promotion nationnale. A l'instar de la RFA et, plus récemment, de l'Italie (32), se développe en France l'idée de la seule promotion du miel indigène qui s'appuierait sur un conditionnement exclusif et facilement reconnaissable par le consommateur (12).

b - Par les entreprises de conditionnement et de négoce.

La promotion du miel se traduit, à ce niveau, par la mise en place d'une marque. Actuellement, en France, une seule entreprise a pu s'imposer. Française et appartenant au secteur privé, elle utilise une grande quantité de miels d'importation ; c'est aussi le deuxième importateur en France.

c - Par les surfaces de vente.

Les directeurs de grandes surfaces de vente assurent eux-mêmes parfois une publicité au miel (78). Deux raisons principales les poussent à agir ainsi. Placé bien en vue et en bonne place, le miel permet de communiquer une image de qualité au magasin. Ensuite, le prix intervient peu dans les motivations d'achat, et la vente du miel laisse une marge importante pour le commerçant : de 17 à 20 %.

De même chez les petits commerçants, le miel, généralement d'origine locale, est bien mis en évidence.

5 - Le conditionnement.

Le conditionnement est un point primordial lors de la vente du miel. Pour plus de la moitié de la quantité totale, il est assuré par les apiculteurs indépendants. Malheureusement, le résultat est trop souvent déplorable car, aux déficiences technologiques portant sur le miel, s'ajoutent celles dues aux emballages.

a - Les apiculteurs indépendants.

Ils conditionnent par an en moyenne 8.500 tonnes de miel. Ils utilisent pour cela des emballages en matériaux divers, le plus souvent du plastique souple ou dur, opaque ou transparent. Le verre est moins utilisé car il est plus cher. Le carton paraffiné reste très prisé par une clientèle qui mélange style "rétro", écologie, retour à la nature et autres symptômes d'inadaptation à la société actuelle.

Ils emploient, plus fréquemment, des pots de contenance nette de 1 kg plutôt que de 500 g. Ce choix est effectué afin d'écouler plus rapidement la marchandise, le prix ayant moins d'importance pour la clientèle qu'ils touchent. Mais aussi, à leur niveau, le conditionnement, peu mécanisé et intéressant de petites quantités, coûte cher, d'où l'utilisation des pots de grande capacité et peu onéreux (plastique notamment).

Toutes ces notions permettent de comprendre, surtout pour le miel livré à la distribution organisée, que les emballages prennent rapidement une vilaine allure, à la suite des nombreuses manipulations dont ils sont l'objet.

b - Les entreprises de conditionnement et de négoce.

Elles assurent le conditionnement d'environ 6.800 tonnes de miel par an : 3.500 tonnes issues de la production nationale et 3.300 tonnes provenant des importations.

1°) Les deux secteurs : coopératif et privé.

a) Coopératives.

Les producteurs y livrent de 25 à 40 % de la production qu'ils écoulent par la distribution organisée (10). Les entreprises coopératives assurent donc, en ajoutant 200 à 300 tonnes de miel importé, un peu moins du tiers du conditionnement industriel du miel.

En France, les coopératives d'apiculteurs sont au nombre de cinq, dont une conditionne 1.000 tonnes de miel.

b) Entreprises privées.

Elles traitent la même quantité de miel français que les coopératives (10), c'est-à-dire environ 1.700 tonnes par an, en moyenne. Il s'y ajoute quelques 3.000 tonnes de miel importé. Les entreprises privées assurent donc le conditionnement de près de 5.000 tonnes de miel, en moyenne, par an. Mais tous ces chiffres, comme les précédents ne sont qu'approximatifs.

Elles peuvent, grâce au miel d'importation, pratiquer des prix de 10 à 20 % inférieurs au secteur coopératif (78).

Ces entreprises de négoce et de conditionnement sont une dizaine en France ; la plus importante, qui réalise aussi 20 % des importations, commercialise à elle seule près de 2.000 tonnes (13).

2°) Caractères du conditionnement.

De l'étude du Gimca effectuée en 1977 (34), il ressort que les récipients actuels, aux formes droites, ne correspondent pas à l'univers du miel. Le pot idéal semblerait être en verre, aux formes arrondies et ayant un couvercle en liège ou de couleur gaie. Cependant, les forces de l'habitude font que les consommateurs se sont adaptés aux récipients actuels (34).

Dans la grande majorité, ce sont des pots en verre avec capsule métallique et d'une contenance de 500 g qui sont employés. Le verre transparent, mais plus agréable que le plastique, permet une grande mécanisation du fait du grand nombre de machines qui y sont adaptées. De plus, ce matériau supporte bien les manipulations notamment par leurs conséquences sur l'étanchéité. Mais les entreprises de conditionnement du miel utilisent encore les pots en plastique d'une contenance de 1 kg net pour certains miels d'importation vendus à bas prix.

6 - Les circuits de distribution.

La planche n° 22 donne une vue d'ensemble sur les différents circuits du miel en France.

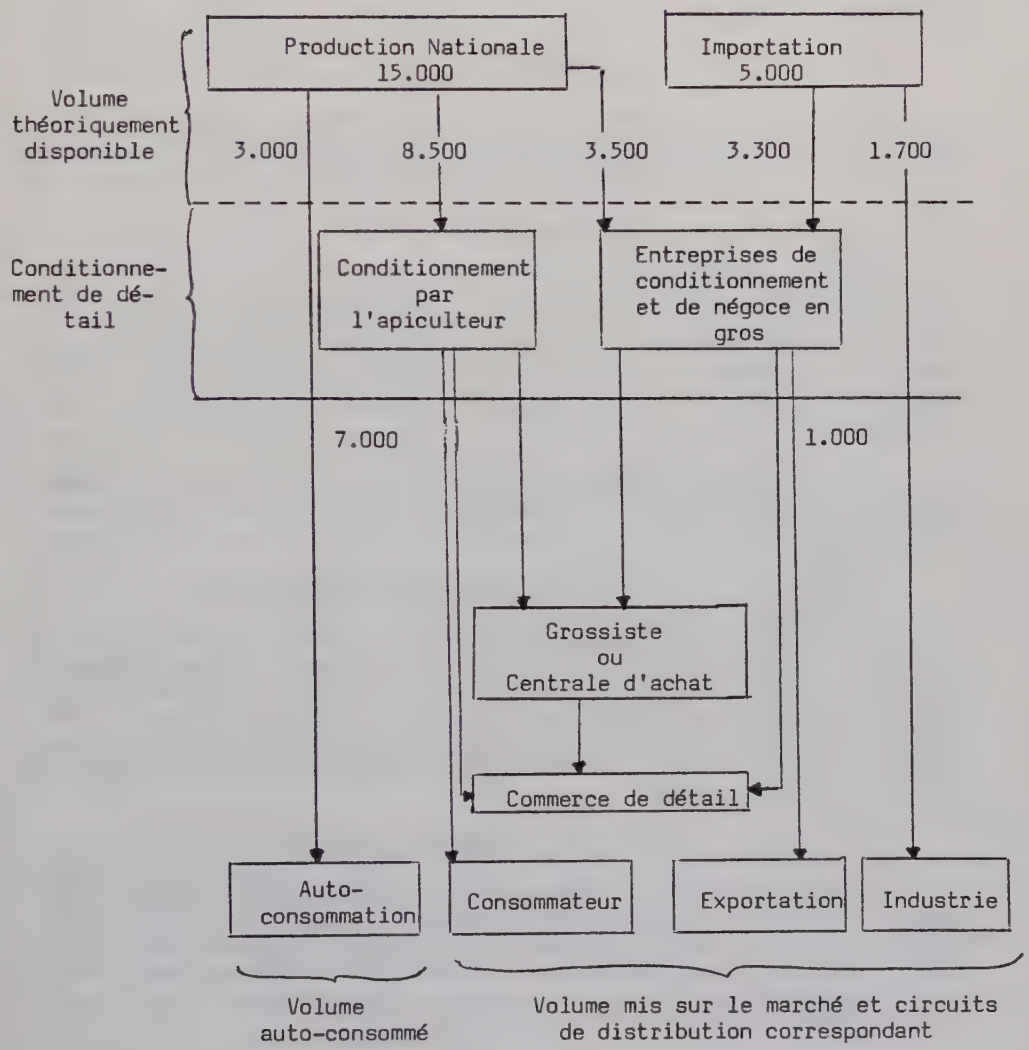
a - Industrie.

Du fait des contingents, les industriels sont obligés de s'approvisionner auprès des importateurs et, notamment, de l'importateur principal, qui se trouve dans une situation de quasi monopole. Notons que les apiculteurs, pour protéger la production nationale, sont ainsi avec cet importateur les défenseurs du principe des contingentements.

Planche n° 22.

Schéma des différents circuits du miel en France.

Unité : tonne.



b - Exportations.

Elles sont presque exclusivement réalisées par les entreprises de conditionnement et de négoce en gros du secteur coopératif ou du secteur privé et sous la forme de miel conditionné.

c - Consommateurs français de miel de table.

Avec un prix moyen du miel, au niveau du consommateur, de 18 F au kg, les Français dépensent 250 millions de Francs environ par an pour leur achat de miel de table.

1°) Le circuit court.

Il est représenté par la vente directe, de l'apiculteur au consommateur. Nous avons précédemment signalé sa grande importance : en cas de faible production nationale les importations ne progressent pas, les régions de grande consommation coïncident avec celles de grandes production. Ce phénomène est, de plus, profondément ancré dans l'esprit du consommateur.

D'après divers recoupements, on évalue la vente directe à 60 % du miel français commercialisé (10), soit en moyenne 7.000 tonnes par an.

2°) Les circuits moyen et long.

Ils représentent la distribution organisée. Les tonnages ainsi distribués (production nationale et importation) sont de l'ordre de 7.300 tonnes par an, soit pratiquement la même quantité que celle écoulée par la vente directe. Un manque crucial de données nous oblige à schématiser à l'extrême ; ainsi ont été rassemblés le commerce intégré et le commerce indépendant.

a) Commerce de gros.

Il est donc constitué soit par un grossiste indépendant soit par une centrale d'achat. Ce sont, surtout, les entreprises de conditionnement qui approvisionnent à ce niveau, bien que les apiculteurs fournissent fréquemment de petits grossistes et des chaînes de distribution d'influence locale.

b) Commerce de détail.

+ Données générales.

Certaines petites entreprises de conditionnement, de la

capitale notamment, approvisionnent directement le commerce de détail.

Auprès des commerces de détail indépendants (épicerie, boulangerie, boucherie...) les apiculteurs écoulent une grande partie du miel qu'ils livrent à la distribution organisée. Souvent, l'apiculteur laisse en dépôt son miel chez ce petit commerçant, et on se retrouve, dans ce cas, presque à la limite de la vente directe.

Les succursales du commerce intégré peuvent parfois réaliser localement certains achats, en permettant, à l'apiculteur, d'y vendre une partie de sa marchandise.

+ Cas des grandes surfaces.

Qu'ils soient indépendants ou qu'ils appartiennent à une chaîne, les hypermarchés écoulent environ 1.500 tonnes de miel par an, dont la moitié leur est fournie par le plus important conditionneur français (78).

Classiquement, dans les hypermarchés le miel était souvent relégué aux endroits les plus inaccessibles du linéaire affecté aux confitures. Les clients n'avaient le choix qu' entre différents pots, tous plus ou moins poisseux par manque d'étanchéité. Ces dernières années, un changement s'est effectué pour les raisons précédemment explicitées : réputation de la surface de vente et marge importante. Dans ces magasins, le miel occupe, désormais, 4 à 7 mètres de linéaire. De plus, 6 à 8 références de miel y sont proposées. Le miel figure parfois, en même temps, au rayon diététique avec 6 à 10 appellations (78).

Le tonnage de miel écoulé par point de vente se situe entre 3 à 8 tonnes par an, ce qui représente environ 10 % du tonnage des confitures (78).

En 1979, les prix variaient par kg de : 12 F pour les miels multifloraux d'importation à 30 F pour le miel de "sapin", en passant par 15 à 20 F pour les miels multifloraux français (78).

7 - La règlementation.

a - Législation concernant le miel produit alimentaire.

Outre les dispositions du décret du 12 octobre 1972 portant sur les conditions de vente et d'étiquetage des produits alimentaires, c'est le décret du 22 juillet 1976 qui fixe la législation applicable en matière de miel.

Doit obligatoirement figurer la dénomination "miel" ou l'une des dénominations énumérées dans les principales variétés de miel ; toutefois, le "miel en rayon" et le "miel avec morceaux de rayons" doivent être désignés comme tels. Les dénominations "miel de pâtisserie" ou "miel d'industrie" doivent être employées lorsque le miel se trouve dans cette catégorie.

Doit de plus figurer le pays d'origine pour les miels provenant de pays n'appartenant pas à la Communauté. La mention "mélange de miels d'importation" doit figurer dans le cas de mélanges de miels originaires de pays n'appartenant pas à la Communauté, de même que la mention "mélange de miels de diverses origines" dans le cas de mélanges originaires d'une part de pays appartenant à la Communauté et d'autre part de pays n'y appartenant pas.

De plus, par l'arrêté du 22 juillet 1976, le miel préemballé en vue de la vente au détail dont le poids net est supérieur à 50 g ne doit être vendu que dans les emballages renfermant les poids nets suivants : 125 g, 250 g, 500 g, 1 kg et multiples de 500 g.

b - Législation sur les importations de miel.

1°) Droits de douane.

La France applique le Tarif Extérieur Commun (TEC) de la CEE qui prévoit, pour le miel,un droit de 27 % ad valorem. Mais, au titre du schéma de préférences généralisées de la CEE, un taux moins important de 25 % est appliqué aux miels en provenance des pays en développement. De plus, le miel en provenance de 46 pays d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique (ACP), signataires de la Convention de Lomé ou de pays et territoires d'outre-mer associés à la CEE est admis en franchise de droits.

2°) Restrictions quantitatives.

Les contingents, réduits les années où la récolte nationale est bonne et inversement, sont attribués par le Ministère de l'Agriculture qui accorde des licences aux importateurs.

Mais aucun contingentement n'est appliqué pour le miel en provenance des pays membres de l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE).

3°) Législation sanitaire.

L'arrêté du 5 janvier 1957 modifié par les arrêtés du

19 Avril 1957, du 7 Août 1961, et, du 8 Mars 1977, afin de prévenir l'introduction ou la propagation des maladies légalement contagieuses de l'abeille, exige un certificat sanitaire pour tout miel importé en France.

*

* *

C O N C L U S I O N

-o-o-o-o-o-o-

La composition du miel est connue dans ses grandes lignes. Avec la diminution des erreurs d'analyse on a pu constater l'existence de grandes variations entre les miels, notamment miels de nectar et miels de miellat. Ces différences, touchant les composants majeurs du miel, doivent probablement être exacerbées au niveau des substances pondéralement très faibles. Ce qui explique, en partie, la grande difficulté concernant la mise en évidence rigoureuse de certaines propriétés biologiques du miel. Aussi les progrès, comme pour d'autres substances animales complexes, viendront d'une meilleure connaissance chimique du produit.

Tout le monde s'accorde pour dire que le miel est un excellent aliment. Mais, pour le rester, il ne doit pas subir de traitements technologiques trop "purificateurs" et doit être protégé des pollutions majeures. La présence de résidus d'antibiotiques dans le miel est inadmissible, par exemple.

Dans quelques pays européens, apparaît la volonté, de la part des apiculteurs, d'assurer une promotion au miel afin d'en accroître la consommation, actuellement, ridiculement basse. Cet accroissement de la demande passe par une meilleure maîtrise technologique du produit et par la mise en place d'appellations contrôlées, notamment pour les miels unifloraux. C'est dans cette optique, que l'analyse pollinique et l'analyse sensorielle prennent toute leur valeur.

Pendant des siècles, en pratiquant la cueillette ou l'apiculture, l'Homme s'est nourri de miel. Avec l'avènement de la société industrielle, et plus particulièrement urbaine, le miel a été rejeté de notre alimentation. Mais, l'agriculture, encore de nos jours, a besoin de l'abeille, insecte pollinisateur. Pour conclure, nous dirons, qu'au niveau national, il nous semble nécessaire, pour des raisons diététiques et agricoles, de maintenir et de développer l'apiculture.

Vu : Le Professeur de l'Ecole Vétérinaire

Professeur EECKHOUTTE

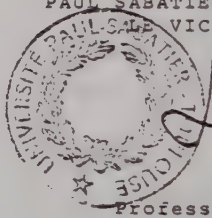
Vu : Le Directeur de l'Ecole Vétérinaire

Professeur R. LAUTIE

Vu : Le Président de la Thèse

Professeur MONNIER

VU ET PERMIS D'IMPRIMER
Toulouse, le
P/ LE PRESIDENT DE L'UNIVERSITE PAUL SABATIER, et par délégation
LE VICE-PRESIDENT,



Professeur L. LARENG

B I B L I O G R A P H I E

-o-o-o-o-o-o-o-

1 - ALBISETTI (J) - Le Robinier faux-acacia et son miel. Bull. techn. apic. 1978, 5, n° 4, 33-40.

2 - APIMONDIA - Institut International de Technologie et d'Economie Apicole, Secteur médical d'Apimondia - L'apithérapie aujourd'hui - Notions pratiques sur la composition et l'emploi des produits et des préparations apicoles en nutrition et en thérapeutique, en rapport avec leur valeur biologique. Bucarest : Apimondia, 1976, 105 p.

3 - Atlas photographique d'analyse pollinique des miels - Annexes microphotographiques aux méthodes officielles d'analyse - 1970, tome III - Service de la répression des fraudes et du contrôle de la qualité.

4 - AUSTIN (G.H.) - Maltose content of Canadian honeys and its probable effects on crystallisation - 1956 - Proc X Int. Congr. Entom, vol 4, 1001-1006.

5 - AUSTIN (G.H.), JAMIESON (C.A.) - An evaluation of some of the factors affecting the stability of the crystal texture of recrystallised honey. Food Technol. 1958, 7, n° 2, 59-96.

6 - BARBIER (E.C.), PANGAUD (C.Y.) - Origine botanique et caractéristiques physico-chimiques des miels. Ann. Abeille, 1961, 4, n° 1, 51-65.

7 - BARBIER (E.C.), VALIN (J) - Détermination de la couleur des miels. Ann. Fals. Fraud. 1957, n° 587/588, 400-411.

8 - BARTHELEMY (G.) - L'importance économique de l'apiculture communautaire. Revue Française d'Apiculture, 1978, n° 363, 178-181.

9 - BENOIST (J) - Le rôle capital du miel en gériatrie. Revue Française d'Apiculture, 1976, supp. au n° 348, 79-80.

10 - BORNECK (R) - Rapport du sous-groupe vertical des productions animales méditerranéennes : Apiculture. Ministère de l'Agriculture, 1977, 28-41.

11 - BORNECK (R), GAUTHRON (R), GUIRAUTE (F), HORGUELIN (P), LOUVEAUX (J), PEDELUCQ (A) - Les techniques de conditionnement et de commercialisation du miel au Canada et aux USA. Ann. Abeille, 1964, 7, n° 2, 103-159.

12 - BOUCHARD (J) - Etude sur le marché du miel. Revue Française d'Apiculture, 1978, n° 364, 219-220.

13 - Centre du Commerce International CNUCED/GATT - Les principaux marchés du miel : débouchés pour les miels de qualité supérieure en provenance de pays en développement, Genève, 1977, XVI, 122 p.

14 - Centre Français du Commerce Extérieur, 10 Av. d'Iéna, 75783 PARIS CEDEX 16, Importations et Exportations de miel pour les années correspondantes.

15 - CHAMBONNAUD (Jean-Pierre) - Contribution à la recherche des antibiotiques dans le miel (Thèse : Méd. Vét. : Lyon : 1968 : n° 21).

16 - CHAUVIN (Rémi) - Traité de Biologie de l'Abeille - Paris : Masson, 1968, 5 vol, 2158 p.

17 - CHAUVIN (R) - L'apithérapie va-t-elle prendre un nouveau départ ?
Revue Française d'Apiculture, 1976, supp. au n° 348, 50-53.

18 - CHAUVIN (R) - Les abeilles et moi - Paris : Hachette, 1976, 168 p.

19 - Commission Internationale de Botanique Apicole (U.I.S.B.) - Méthodes d'analyse pollinique des miels.
Ann. Abeille, 1963, 6, n° 1, 75-76.

20 - Conférence CCI - Apimondia. Genève 27-28 juin 1977 - L'influence des obstacles tarifaires et non tarifaires sur l'accès aux marchés.
Revue Française d'Apiculture, 1977, n° 359, 552-559.

21 - CRANE (Eva) - Honey : a comprehensive survey - Londres : Heinemann, 1975, 608 p.

22 - DARCHEN (R), LOUIS (J) - Les mélipones et leur élevage : Trigona, Lestremelitta.
Ann. Abeille, 1961, 4, n° 1, 5-39.

23 - DEMIANOWICZ (Z) - Sur l'origine des macles d'oxalate de Calcium contenus dans les miels de Tilleul.
Ann. Abeille, 1963, 6, n° 4, 249-255.

24 - DEMIANOWICZ (Z) - Charakteristik der einartenhonige.
Ann. Abeille, 1964, 7, n° 4, 273-288.

25 - DONADIEU (Y) - Etude du pollen.
Revue Française d'Apiculture, 1976, supp. au n° 348, 61-64.

26 - DONADIEU (Y) - La gelée royale.
Revue Française d'Apiculture, 1976, supp. au n° 348, 65-67.

27 - DONADIEU (Y) - De l'utilisation du miel chez l'homme dans le cadre des thérapeutiques naturelles.
Revue Française d'Apiculture, 1976, supp. au n° 348, 68-70.

28 - DOUAULT (Ph), LOUVEAUX (J), THEURKAUFF (J), AZOEUF (P), PINTENA (J) - Etude du stockage des réserves par les abeilles au moyen d'un sirop de sucre marqué au 141 Ce.
Apidologie, 1974, 5, n° 2, 107-126.

29 - DYCE (E.J.) - Fermentation and crystallisation of honey.
Cornell Univ. Bull. 1931, n° 528, 76 p.

30 - ETMAR-IFOP - Etudes sur "les habitudes de consommation du miel" (Mars 1965) et "les achats de miel" (Septembre 1966) pour le compte de Sopexa (121 Bd Haussmann Paris).

31 - FAO - Annuaires de la production et du commerce.

32 - Fédération des apiculteurs italiens - Règlement pour l'utilisation de la marque d'origine et de qualité du miel italien approuvé par l'Assemblée Générale du 28 Avril 1979.
Revue Française d'Apiculture, 1980, n° 388, 341-342.

33 - FIX (W.J.), PALMER-JONES (T) - Control of fermentation in honey by indirect heating and drying.
N. Z. J. of Sc. and Technol. 1949, section A, 31, n° 1, 22-31.

34 - GIMCA - Etude sur les motivations d'achat du miel et les conséquences au niveau du marketing faite à la demande de l'ITAPI, Décembre 1977.

35 - GOILLOT (C), LOUVEAUX (J) - Etudes sur la sédimentation pollinique dans les miels fluides au repos.
Apiculture sect. scient. 1955, 9 p.

36 - GONNET (M) - L'hydroxyméthylfurfural dans les miels. Mise au point d'une méthode de dosage. Ann. Abeille, 1963, 6, n° 1, 53-67.

37 - GONNET (M) - Les modifications de la composition chimique des miels au cours de la conservation. Ann. Abeille, 1965, 8, n° 2, 129-146.

38 - GONNET (M) - Propriétés phytoinhibitrices de quelques substances extraites de la colonie d'abeilles (Apis mellifica L) I Action sur la croissance de Lactuca sativa. Ann. Abeille, 1968, 11, n° 1, 41-47.

39 - GONNET (M) - Sur l'origine des substances phytoinhibitrices présentes dans les miels de Lavande. C. R. Acad. Sci. Paris, 1969, 268, 859-861.

40 - GONNET (M) - Le problème de l'HMF dans le miel. Revue Française d'Apiculture, 1972, n° 301, 338-339.

41 - GONNET (M) - Deux méthodes colonimétriques simples permettant d'apprécier la teneur en glucose et en fructose des miels. Apidologie, 1973, 4, 45-55.

42 - GONNET (M) - La cristallisation dirigée du miel et la fabrication du miel crème. Revue Française d'Apiculture, 1973, n° 309, 209-212.

43 - GONNET (M) - Refonte, pasteurisation et cristallisation dirigée du miel. Apiacta, 1977, 12, n° 3, 105-109.

44 - GONNET (M) - Le miel : composition et propriétés - Echauffour : Opida, 1980, 31 p.

45 - GONNET (M), GUENNELON (R), LAVIE (P) - Récolte et analyse physico-chimique des échantillons de miels obtenus dans la région de Fessenheim dans : Contribution à l'étude écologique de la région de Fessenheim. Années contractuelles 1973-1974 avec l'EDF publié par l'INRA et le CRN Strasbourg en Décembre 1975, 48-80.

46 - GONNET (M), LAVIE (P) - Influence du chauffage sur le facteur antibiotique présent dans les miels. Ann. Abeille, 1960, 3, n° 4, 349-364.

47 - GONNET (M), LAVIE (P), LOUVEAUX (J) - La pasteurisation des miels. Ann. Abeille, 1964, 7, n° 2, 81-102.

48 - GONNET (M), LAVIE (P), NOGUEIRA-NETO (P) - Etude de quelques caractéristiques des miels récoltés par certains Méloponines brésiliens.
C. R. Acad. Sci. Paris, 1964, 258, 3107-3109.

49 - GONNET (P.J.) - Le miel : parfum, saveur, arôme - Montfavet : Librairie de vulgarisation apicole, 1961, 125 p.

50 - GRALL (M) - Compte rendu de la réunion relative à l'étude des possibilités de développement des exportations de miel. 1er Février 1980.
Revue Française d'Apiculture, 1980, n° 385, 184-185.

51 - GRANDI (A) - Détermination du sulfathiazole dans les miels par chromatographie en couche mince.
Apidologie, 1975, 6, n° 2, 91-94.

52 - HADORN (H), ZÜRCHER (K) - Erfahrumgen mit Einer Neunen Kinetischen methode zur Bestimmung der diastasezahl in Honig und Über eigenschaften der Honig - diastase.
Apidologie, 1973, 4, n° 1, 65-80.

53 - HELMER (Jacques) - Contrôle hygiénique des miels (Thèse : Méd. Vét. : Alfort : 1971).

54 - Informations techniques des Services Vétérinaires - Ministère de l'Agriculture - l'Abeille, 1977, n° 60-63, 210 p.

55 - ITAPI - Rapport du groupe de travail chargé d'étudier le problème des appellations en matière de miel - 1975 - 22 p.

56 - JEAN-PROST (Pierre) - Apiculture, 3ème ed. Paris : Baillère, 1972, 446 p.

57 - KULLMANN (E) - Freie aminosäuren, qualitativ bestimmt in einigen blüten - wald und nischhonigen.
Apidologie, 1974, 5, n° 1, 21-38.

58 - Laboratoire d'analyse des produits du rucher - Barème des analyses.
Revue Française d'Apiculture, 1967, n° 243, 173-181.

59 - LASCEVE (G), GONNET (M) - Analyse par radioactivation du contenu minéral d'un miel, possibilité de préciser son origine géographique.
Apidologie, 1974, 5, n° 3, 201-223.

60 - LAVIE (P), GONNET (M) - La stabilisation du miel de callune au moyen d'un traitement thermique.
Apidologie, 1970, 1, n° 2, 143-155.

61 - LAVIE (P), LOUVEAUX (J) - La station expérimentale d'apiculture de l'INRA.
Ann. Abeille, 1961,4,n° 4, 297-360.

62 - LE MAGNEN (J) - Vocabulaire technique des caractères organoleptiques et de la dégustation des produits alimentaires.
Les Cahiers Techniques du CNERMA, 1962, CNRS Paris, 11, 86 p.

63 - LOCHHEAD (A.G.) - Factors concerned with the fermentation of honey.
Zentralblatt für Bakteriologie Abt II, 1933, 88, 296-302.

64 - LOSTALOT de (J), PACCALIN (J) - Propriétés pharmacodynamiques et valeur diététique du miel.
Revue Française d'Apiculture, 1976, supp. au n° 348, 71-76.

65 - LOTHROP (R.E.), PAINE (H.S.) - Some properties of honey colloids and the removal of colloids from honey with bentonite.
Industr. Eng. Chem. 1931, 24, 328-332.

66 - LOUIS (J) - Variations des associations polliniques observées dans des miels récoltés en un même lieu par des abeilles appartenant à des sous-espèces différentes.
Ann. Abeille, 1963, 6, n° 3, 235-244.

67 - LOUVEAUX (J) - La technologie du miel.
Ann. Abeille, 1959, 2, n° 4, 343-354.

68 - LOUVEAUX (J) - Essai de caractérisation des miels de callune (Calluna vulgaris salisb).
Ann. Abeille, 1966, 9, n° 4, 351 358.

69 - LOUVEAUX (J) - Les Bruyères et leur miel.
Bull. techn. apic. 1977, 4, n° 2, 31-36.

70 - LOUVEAUX (J), TRUBERT (E) - Etude technique sur la fonte du miel cristallisé.
Ann. Abeille, 1958, 1, n° 1, 19-30.

71 - MAGNE (P) - Un nouveau fléau menace nos abeilles : les insecticides microencapsulés.
Revue Française d'Apiculture, 1980, n° 388, 343-344.

72 - MARTIN (E.C.) - The hygroscopic properties of honey. J. Econ. Entom. 1939, 32, n° 5, 660-663.

73 - MAURIZIO (A) - Das Zuckerbild Blütenreiner Sortenhonige. Ann. Abeille, 1964, 7, n° 4, 289-299.

74 - MAURIZIO (A) - Das Pollenbild Europeischer Heidehonige. Ann. Abeille, 1966, 9, n° 4, 375-387.

75 - MAURIZIO (A), LOUVEAUX (J) - Pollens de plantes mellifères d'Europe-Union des Groupements Apicoles Français, 1965, Paris, 148 p.

76 - Méthodes officielles d'analyse du miel - Arrêté du 15 février 1977 - Textes d'Intérêt Général n° 77-79 - Imprimerie des Journaux Officiels.

77 - Ministère de l'Agriculture - Direction Générale de l'Administration et du Financement - Service Central des Enquêtes et Etudes Statistiques (4 Avenue de Saint-Mandé 75570 PARIS CEDEX 12) : Annuaire de Statistique Agricole et Enquêtes de Branche.

78 - MONTEL (F) - Le miel. Revue Française d'Apiculture, 1979, n° 371, 13-16.

79 - MRAZ (C) - L'apithérapie aux Etats-Unis. Revue Française d'Apiculture, 1976, supp. au n° 348, page 59.

80 - MUNRO (J.A.) - The viscosity and thixotropy of honey. J. Econ. Entom. 1943, 36, 769-777.

81 - PAIN (J) - Les pesticides de 3ème génération. Bull. techn. apic., 1975, 2, n° 4, 11-16.

82 - PANGAUD (C.Y.) - Etude sur l'acidité des miels et des miellats. Bulletin Apicole, 1961, 4, n° 1, 95-98.

83 - PATERSON (C.R.), PALMER-JONES (T) - A vacuum plant for removing excess water from honey. N. Z. J. of Sc. and Technol. 1954, section A, 36, n° 4, 386-400.

84 - POURTALLIER (J) - Mise au point sur l'analyse des miels. Bulletin Apicole, 1962, 5, n° 2, 138-151.

85 - POURTALLIER (J) - Détermination quantitative des sucres des miels par chromatographie en phase gazeuse. Bulletin Apicole, 1967, 10, n° 2, 209-212.

86 - POURTALLIER (J) - Contrôle toxicologique des miels.
Apiacta, 1969, 4, n° 2, 13-15.

87 - ROUSSEAU (M), PANGAUD (C) - Dose léthale d'Arsenic et digestion chez l'abeille.
Bulletin Apicole, 1959, 2, n° 2, 15-26.

88 - SAINT-GERMES (G) - Une science nouvelle : l'analyse sensorielle des produits de la ruche.
Revue Française d'Apiculture, 1979, supp. au n° 377, 103-104.

89 - SEGUIN (Pascal) - Contribution à l'étude de la pollution des miels par les résidus d'antibiotiques et de leurs effets (Thèse : Méd. : Bordeaux : 1977 : n° 551).

90 - Symposium international d'apithérapie - Madrid 1974 - Les produits de la ruche - aliments, santé, beauté - Bucarest : Apimondia, 1975, 154 p.

91 - THAWLEY (A.R.) - The components of honey and their effects on its properties : a review.
Bee World, 1969, 50, n° 2, 51-60.

92 - TOWNSEND (G.F.) - Preparation of honey for market.
Ontario Department of Agriculture, 1961, n° 544, 1-25.

93 - TOWNSEND (G.F.) - Comment l'apiculteur peut-il influencer la qualité du miel?
Revue Française d'Apiculture, 1969, n° 271, 438-440.

94 - TYSSET (C), DURAND (C), TALIERCIO (Y.P.) - Contribution à l'étude du microbisme et de l'hygiène des miels du commerce.
Rec. Méd. Vét., 1970, tome CXLVI, n° 12, 1471-1491.

95 - VALIN (J) - Les diastases du miel.
Ann. Fals. Fraud., 1958, n° 597/598, 269-275.

96 - VERGERON (P) - Interprétation statistique des résultats en matière d'analyse pollinique des miels.
Ann. Abeille, 1964, 7, n° 4, 349-364.

97 - WHITE (J.W.), RIETHOF (L), SUBERS (H), KUSHNIR (I) - Composition of American honeys.
Techn. Bull. U. S. Dep. Agric., 1962, n° 1261, 124 p.

98 - WORWOHL (G) - Die Beziehungen Zwischen der Elektrischen Leitfähigkeit der Honige und ihrer Trachtmässigen Herkunft.
Ann. Abeille, 1964, 7, n° 4, 301-309.

99 - ZERBI de (Marie-France) - Le marché du miel en Europe - possibilités d'exportation pour la Corse.
Société pour la Mise en Valeur Agricole de la Corse
1978, 252 p.

100 - ZIEGLER (H), STICHLER (W), MAURIZIO (A), VORWOHL (G) - Die Verwendung stabiler Isotope zur Charakterisierung von Honigen ihrer Herkunft und ihrer Verfälschung.
Apidologie, 1977, 8, n° 4, 337-347.

*

* *